

**Bodemgeschiktheidsonderzoek, in het bijzonder bij asperges,
appels en stooktomaten**

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0092 2191

aan mijn Moeder
aan mijn Vrouw

Dit proefschrift met stellingen van Jan Gerrit Cornelis van Dam, landbouwkundig ingenieur, geboren te Hekendorp op 16 juni 1926, is goedgekeurd door de promotor, dr. ir. L. J. Pons, hoogleraar in de regionale bodemkunde.

De rector magnificus van de Landbouwhogeschool
H. A. Leniger

Wageningen, 21 September 1973

111 5201

137, 10001

J. G. C. van Dam

Bodemgeschiktheidsonderzoek, in het bijzonder bij asperges, appels en stooktomaten

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van

doctor in de landbouwwetenschappen,

op gezag van de rector magnificus, prof. dr. ir. H. A. Leniger,
hoogleraar in de technologie,

in het openbaar te verdedigen

op woensdag 21 november 1973 des namiddags te vier uur

in de aula van de Landbouwhogeschool te Wageningen



Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie

Wageningen – 1973

137-1040/1-03

Abstract

DAM, J. G. C. VAN (1973) Bodemgeschiktheidsonderzoek, in het bijzonder bij asperges, appels en stooktomaten (Soil suitability research, in particular with asparagus, apples and hothouse tomatoes). Doctoral thesis Wageningen, ISBN 90 220 0483 X, (viii) + 102 p., 30 figs, 20 tables, 173 refs, Eng. and Dutch summaries.

Also: Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.) 805 and Bodemk. Stud. 10.

Various aspects of soil suitability research in horticulture are explained by results from asparagus (a moderately intensive crop) and apple (more intensive) outdoors, and tomatoes in heated greenhouses (very intensive). The less intensive the crop, the clearer the limit the soil set in yields, because, for intensive crops, it was more economic for the grower to adapt to the soil by crop management and soil improvement.

Yield, quality and the economics of asparagus were strongly influenced by the soil. Rooting depth was an important factor and depended on penetration resistance. In layers with a high resistance (30 kgf/cm²), roots did not occur, as in C horizons of sandy soils. For the apple Jonathan on fine-textured river clays, growers could allow for soil limitations by planting trees closer together. Tree growth was influenced more by a soil layer with a bad structure than was yield per m² covered by the trees.

In trials with tomatoes in heated greenhouses soil had little effect if management was optimum. More rapid plant growth and lower fruitset on the first trusses on sandy soil than on clay soils were explained by differences in available water. Water is stronger bound by clay soils than by sandy soils, but crop management could correct for differences between soils.

ISBN 90 220 483 X

Dit proefschrift verschijnt tevens als Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 805, en als Bodemkundige Studies 10.

© Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 1973.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced or published in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Stellingen

1

De ervaring leert dat met een zelfde tuinbouwgewas op zeer uiteenlopende gronden gelijke resultaten kunnen worden behaald. Niettemin is kennis van de grond onmisbaar om voor een gewas de juiste cultuurtechnische en teelttechnische maatregelen te kunnen vaststellen.

Dit proefschrift.

2

Bij interpretatie van bodemkaarten dient meer aandacht geschonken te worden aan het bodempatroon.

Dit proefschrift.

A. P. A. Vink, Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 68.13, Wageningen 1963.

3

Bij het beoordelen van de geschiktheid van zandgronden voor de teelt van gewassen is de penetrometer een onmisbaar instrument.

J. G. C. van Dam & J. A. Hulshof, Meded. Dir. Tuinbouw 30 (1967):187-190.

4

Voor de verdere ontwikkeling van de landbouwwetenschap en de overdraagbaarheid van onderzoeksresultaten naar de praktijk is een goede bodemkundige beschrijving van proefvelden vereist. Een globale aanduiding van grondsoort en zwaarte van de bouwvoor is beslist onvoldoende. In Nederland dient minstens de kaartenheid van de bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, met de grondwatertrap te worden vermeld.

5

Voor toepassing in land-, tuin- en bosbouw moet de voorkeur gegeven worden aan de fractiegrens 2 μ m boven de fractiegrens 16 μ m.

6

Het optimale kasklimaat is niet alleen afhankelijk van de eisen van het gewas, maar ook van de eigenschappen van de grond.

Dit proefschrift.

10
Fus
isolee

11
Verwacht
woonhuize
optreden.

12
De toenemende
matrix-organisati
dan de gebruikelijk
is voldaan.
A. P. Verkaik, Research n
971.

am bromfiets is nie
tiddel in het algeme

Dankbetuiging

Gaarne dank ik Prof. Dr. Ir. L. J. Pons voor de mogelijkheid die hij me heeft gegeven om op resultaten van vele jaren onderzoek te kunnen promoveren. Zijn kritische adviezen bij de definitieve vormgeving van het proefschrift zijn zeer waardevol geweest.

Dr. Ir. F. W. G. Pijs, tot 1973 directeur van de Stichting voor Bodemkartering en Ir. R. P. H. P. van der Schans, die hem als waarnemend directeur opvolgde, dank ik voor de geboden gelegenheid dit proefschrift samen te stellen.

Ir. D. Kers Hzn en zijn toenmalige medewerkers hebben mij op de Zuidhollandse eilanden vertrouwd gemaakt met de praktijk van de tuinbouw. De kennis, die ik in die periode heb opgedaan, heb ik met veel vrucht bij mijn onderzoek kunnen gebruiken.

Zeer velen hebben mij bij de uitvoering van het onderzoek geholpen: medewerkers van de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst, van de Proefstations in Naaldwijk en te Alkmaar, medewerkers van de Stichting voor Bodemkartering. Dank zij hun medewerking is dit onderzoek mogelijk geweest. Zonder de overigen te kort te doen, wil ik toch enigen met name noemen. Dr. J. C. F. M. Haans, die me bij het onderzoek steeds aangemoedigd heeft en met vele adviezen ter zijde heeft gestaan. Hiervoor ben ik hem veel dank verschuldigd. Ing. J. A. Hulshof en Ing. W. C. A. van der Knaap, hun grote veldbodemkundige en tuinbouwkundige kennis en ervaring hebben mij behoed voor dwaalwegen. De toewijding en de nauwgezetheid waarmee zij mij steeds bij het onderzoek hebben geholpen, heb ik op zeer hoge prijs gesteld.

De uitvoerige discussies met Ir. J. van den Ende, Ir. Y. van Koot en Th. Strijbosch over het bodemgeschiktheidsonderzoek bij stooktomaten hebben mij veel geleerd.

Ir. S. A. H. M. van de Geijn, Dr. A. A. Franken en hun medewerkers hebben mij vertrouwd gemaakt met de aspergeteelt. Zonder deze hulp was het onderzoek bij de asperges niet met vrucht uitvoerbaar geweest.

Voor het gereed maken van het manuscript ben ik veel dank verschuldigd aan de afdelingen redactie, kartografie en de typekamer van de Stichting voor Bodemkartering.

Tenslotte dank aan de medewerkers van Pudoc voor de laatste correctie van de tekst.

Curriculum vitae

De auteur behaalde in 1943 het HBS-B diploma te Woerden. Van 1943 tot 1945 was hij werkzaam op de ouderlijke boerderij. Na het beëindigen van de tweede wereldoorlog begon hij zijn studie aan de Landbouwhogeschool, waar hij, na een onderbreking van 1948-1950 voor het vervullen van de militaire dienstplicht, in 1952 afstudeerde in de richting tuinbouw. Van 1952 tot 1958 was hij verbonden aan het Rijks-tuinbouwconsulentschap te Barendrecht, daarna trad hij in dienst bij de Stichting voor Bodemkartering te Wageningen.

Inhoud

1 Inleiding	4
2 Beginselen van bodemgeschiktheidsonderzoek	5
2.1 Bodemkundige landclassificaties	5
2.1.1 Algemeen	5
2.1.2 De betekenis van bodemclassificatie en bodemkartering	7
2.1.3 De betekenis van de bodemgebruiks- en bodemhoedanigheidsclassificatie	8
2.2 Bodemgeschiktheid, in het bijzonder voor de tuinbouw	9
2.2.1 Algemeen	9
2.2.2 Bodemgeschiktheid en intensiteit van het bodemgebruik	13
2.2.2.1 Aanpassing door gewassenkeuze	13
2.2.2.2 Aanpassing door teelttechnische en cultuurtechnische maatregelen	15
2.3 Methoden van onderzoek naar de bodemgeschiktheid	17
2.3.1 Inventarisatie van de gronden en gewassen	17
2.3.2 Inventarisatie van plaatselijke ervaring	17
2.3.3 Kwantificering van kosten en opbrengsten	17
2.3.3.1 Proefplekkenonderzoek	18
2.3.3.2 Tijdsduur van het onderzoek	19
2.3.4 Verklaring van de gevonden verschillen in bodemgeschiktheid	19
3 De ontwikkeling van het bodemgeschiktheidsonderzoek in de tuinbouw in ons land	21
4 Bodemgeschiktheidsonderzoek bij asperges	24
4.1 Inleiding	24
4.2 Verslag van onderzoek	25
4.2.1 Aard van de gronden	26
4.2.2 Grondwaterhuishouding	27
4.2.3 Gewichtsopbrengst	28
4.2.4 Kwaliteit van de geoogste asperges	31
4.2.5 Geldelijke opbrengst	35
4.2.6 Vroegheid van de oogst	36
4.2.7 Bovengronds gewas	38
4.2.8 Som van de kwadraten van stengeldiameters als maat voor de produktiviteit	44
4.2.9 Beworteling	

4.2.9.1 Algemeen	45
4.2.9.2 Indringingsweerstand en microstructuur	46
4.2.9.3 Opbrengst	47
4.2.10 Conclusie	50
5 Bodemgeschiktheidsonderzoek bij appels, in het bijzonder bij Jonathan op zware rivierklei	53
5.1 Inleiding	53
5.2 Verslag van onderzoek	54
5.2.1 Gewichtsopbrengst	55
5.2.1.1 Beplantingsdichtheid	55
5.2.1.2 De grond	56
5.2.2 Beworteling	57
5.2.3 Grondwaterhuishouding	58
5.2.4 Grondwaterstand, beworteling en onderstam	59
5.2.5 Conclusie	60
6 Bodemgeschiktheidsonderzoek bij vroege stooktomaten	61
6.1 Inleiding	61
6.2 Verslag van onderzoek	62
6.2.1 De aard van de gronden	63
6.2.2 De grondwaterhuishouding	63
6.2.3 Vroegheid van de oogst	67
6.2.3.1 De verschillende gronden	67
6.2.3.2 De groeikracht	70
6.2.3.3 De bodemtemperatuur	74
6.2.3.4 De grondwaterstand	76
6.2.4 Gewichtsopbrengst	77
6.2.4.1 Groeikracht en grondwaterhuishouding	77
6.2.4.2 Het zoutgehalte van de grond	79
6.2.4.3 Het bodempatroon	81
6.2.5 Conclusie	82
7 Nabeschuwing	84
7.1 Randvoorwaarden	84
7.1.1 Het klimaat	84
7.1.2 De economische en sociale omstandigheden	85
7.2 De grond	85
7.3 Het gewas	86
Samenvatting	89
Summary	92
Literatuur	96

1 Inleiding

Grond is één van de kenmerken van land. Dit komt duidelijk tot uiting in de definitie die Christian in 1963 van land gaf (Christian & Stewart, 1968). Deze fysisch-geografische definitie van land luidt als volgt: 'Land must be considered as the whole vertical profile at a site on the land surface from the aerial environment down to the underlying geological horizons and including the plant and animal populations, and past and present human activity associated with it'.

In figuur 1 worden de verschillende kenmerken van land volgens deze definitie weergegeven. Het landgebruik door de mens wordt in hoge mate bepaald door het gecombineerd effect van deze kenmerken. Hierin neemt de grond een belangrijke plaats in.

In navolging van De Bakker & Schelling (1966) wordt aan het woord grond de voorkeur gegeven boven het woord bodem voor de aanduiding van het driedimensionale systeem. Grond sluit namelijk aan bij het spraakgebruik. Bodem is een modern woord dat sinds de negentiende eeuw gebruikt wordt in het wetenschapsmilieu in moderne woordsamenstellingen (Pons, 1966). Voorbeelden zijn bodemkartering, bodemfauna bodemclassificatie, bodemeenheid, bodemprofiel. In deze en soortgelijke samenstellingen zal het woord bodem in deze publikatie gebruikt worden.

In de Glossary of soil science terms (1970) en in de Resource conservation glossary (1970) worden de volgende definities van grond gegeven:

1. 'The unconsolidated mineral and organic material on the immediate surface of the earth that serves as a natural medium for the growth of land plants.
2. The unconsolidated mineral matter on the surface of the earths that has been subjected to and influenced by genetic and environmental factors of: parent material, climate (including moisture and temperature effects), macro- and microorganisms, and topography, all acting over a period of time and producing a product-soil-that

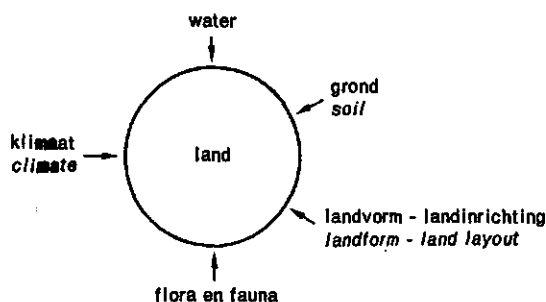


Fig. 1. Kenmerken van land volgens Christian.

Fig. 1. Characteristics of land after Christian.

differs from the material from which it is derived in many physical, chemical, biological and morphological properties, and characteristics'.

Volgens de eerste definitie is grond het bovenste deel van de aardkorst dat belangrijk is voor de plantengroei. De tweede definitie geeft een nauwere begrenzing van het begrip grond. Men kan volgens deze definitie eerst van grond spreken als door bodemvormende processen duidelijke veranderingen in het moedermateriaal hebben plaatsgevonden. In deze betekenis kunnen sommige gronden in Nederland ternauwernood grond genoemd worden. In het Nederlandse bodemclassificatiesysteem komt dit tot uiting in de naam vaaggronden (De Bakker & Schelling, 1966). In deze publikatie zal grond worden gebruikt in de betekenis van de eerste definitie.

In het verleden heeft de mens de landbouwkundige mogelijkheden van een gebied vaak moeten leren met vallen en opstaan, met de 'trial and error-methode'. Weliswaar zijn hierdoor veel landontginningen mislukt, maar door ervaring wijs geworden, ging hij de voorkeur geven aan bepaalde gebieden voor bewoning en voor het uitoefenen van landbouw. Aangenomen mag worden dat de natuurlijke vegetatie van een gebied, die op haar beurt sterk beïnvloed wordt door grond en klimaat, een belangrijke rol heeft gespeeld bij de keuze van een vestigingsplaats. Modderman (1959) vermeldt dat de nederzettingen van de Bandceramische cultuur (± 4000 jaar voor Christus) in Europa vooral gevonden zijn in lössgebieden.

In de moderne maatschappij tracht men mislukkingen van landontginnings- en landontwikkelingsprojecten zoveel mogelijk te voorkomen. Voordat men tot de uitvoering overgaat, vindt eerst uitgebreid vooronderzoek plaats.

De mogelijkheden van een gebied voor verschillende vormen van landgebruik worden bij zo'n vooronderzoek vaak nagegaan door middel van zogenaamde geïntegreerde karteringen (integrated surveys). Het gaat hierbij om het in kaart brengen van de natuurlijke hulpbronnen van een gebied – waarvan de grond er één is – in verband en zoveel mogelijk tezamen met een opname van de menselijke, sociale en economische factoren. Daarbij wordt getracht zowel de voorbereiding als de uitvoering en de resultaten van dergelijke karteringen te 'integreren', d.w.z. tot een zinvol geheel te maken (Vink, 1967).

Om de resultaten van deze geïntegreerde karteringen overzichtelijk te kunnen weergeven, worden vaak landclassificaties gemaakt. Onder landclassificatie wordt verstaan het rangschikken van land in klassen voor een bepaald, meestal praktisch doel (Vink, 1955).

Het maken van landclassificaties behoeft niet gekoppeld te zijn aan geïntegreerde karteringen. Bij het indelen van land in klassen kan men alle kenmerken van land volgens de definitie van Christian in ogenschouw nemen. Dit gebeurt o.a. in Australië waar men verschillende zogenaamde 'landsystems' onderscheidt die op hun beurt respectievelijk weer bestaan uit verschillende land units en sites (Christian & Stewart, 1968). Vaak beperkt men zich tot één of enkele kenmerken van land. Neemt men de grond als basis voor de landclassificatie, dan spreekt men wel van bodemkundige landclassificatie (Vink, 1963). Hiertoe worden het maken van bodemkaarten (bodemkartering) en de interpretatie ervan gerekend. Bij de interpretatie van bodemkaarten,

d.w.z. het aangeven van de mogelijkheden van de op de bodemkaart weergegeven gronden voor één of andere vorm van bodemgebruik, zal men vaak andere kenmerken van land niet kunnen verwaarlozen. Zo zal de beoordeling van gronden voor landbouwkundige doeleinden altijd gebeuren tegen de achtergrond van een bepaald klimaat. Zijn de verschillen in klimaat binnen een gebied gering, zoals onder Nederlandse omstandigheden, dan worden verschillen in landbouwkundige mogelijkheden van de landerijen in sterke mate bepaald door verschillen in bodemgesteldheid. Komen daarentegen grote verschillen in klimaat voor, bijvoorbeeld in bergachtig terrein, dan worden de verschillen in landbouwkundige mogelijkheden van de landerijen ook in sterke mate bepaald door het klimaat.

Zo is de 'landcapability classification', ontwikkeld door de Soil Conservation Service in de USA (Klingebiel, 1958) in het kader van de bodemerosiebestrijding, een interpretatie van de bodemkaart met behulp van de gegevens over het klimaat.

In verschillende deelstaten van West-Duitsland hebben in het kader van de modernisering van de fruitteelt na de tweede wereldoorlog 'Standortkartierungen für Obstbau und für Weinbau' plaatsgevonden (Ruppbrecht et al. 1962; Schreiber et al. 1967; Zakosek et al. 1967). Bij deze onderzoeken zijn de mogelijkheden en beperkingen van een gebied als groeiplaats voor een gewas of groep gewassen eveneens beoordeeld op basis van bodemgesteldheid, aangevuld met gegevens over het klimaat.

In geaccidenteerd terrein zijn ook gegevens over het reliëf, zoals de helling, belangrijk voor de gebruiksmogelijkheden van landerijen voor verschillende doeleinden. Vaak wordt dan de helling op de bodemkaart weergegeven; hiertoe past men een verdere onderverdeling van een bodemeenheid in fasen toe.

In Nederland zijn de verschillen in klimaat klein en is het land weinig geaccidenteerd. De verschillen in landgebruik worden er dan ook zeer sterk bepaald door de verschillen van de gronden zelf. Dit neemt echter niet weg dat de kleine verschillen toch van betekenis kunnen zijn voor de land- en tuinbouw. Zo schrijft Cnossen et al. (1966) de verschillen tussen de landbouw in het noordelijk en zuidwestelijk zeekleigebied voor een deel toe aan klimaatsverschillen.

De mogelijkheden van de gronden voor verschillende doeleinden worden in Nederland in sterke mate beïnvloed door de grondwaterstand. Daarom wordt op de Nederlandse bodemkaarten veel aandacht besteed aan de huidige grondwaterhuishouding. Zo worden op de systematische Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50000, die door de Stichting voor Bodemkartering wordt vervaardigd, 7 grondwatertrappen onderscheiden (tabel 1). De gronden worden naar hun gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden ingedeeld in deze klassen (Van Heesen, 1970).

Voor teelten onder glas is ook de aanwezigheid van goed gietwater van groot belang. In het westen van Nederland bepaalt vooral het zoutgehalte de kwaliteit van het water, in het oosten het ijzergehalte (Hellings, 1971; Van den Ende, 1970).

In navolging van Lewis (1952) onderscheidt Vink (1955, 1963) verschillende categorieën van landclassificatie. Het indelen van land met de grond als variabele factor wordt, zoals reeds is vermeld, door hem bodemkundige landclassificatie genoemd. Deze vorm van landclassificatie wordt ook wel technische landclassificatie

Tabel 1. Indeling van grondwatertrappen, zoals wordt gebruikt door de Stichting voor Bodemkartering.

	Grondwatertrap/Watertable class (grondwaterstand in cm beneden maaiveld/watertable in cm below surface)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Gem. hoogste grondwaterstand Mean highest watertable	-	-	< 40	> 40	< 40	40-80	> 80
Gem. laagste grondwaterstand Mean lowest watertable	< 50	50-80	80-120	80-120	> 120	> 120	> 120

Table 1. Scheme of watertable classes used by the Netherlands Soil Survey Institute.

genoemd (Vink, 1955). Hiervan zegt hij dat getracht moet worden de economische factor zo min mogelijk in het systeem te betrekken. Hoewel hij dit niet vermeldt, heeft hij hierbij het oog op die vorm van bodemgeschiktheidsclassificatie, waarbij de gebruiksmogelijkheden van de verschillende gronden voor agrarische doeleinden worden weergegeven. Het zal duidelijk zijn dat bij het indelen van gronden naar hun kenmerken en eigenschappen in een aantal klassen, de economische factoren geen rol spelen. Maar wanneer men de gebruiksmogelijkheden voor landbouwkundige doeleinden van de gronden in een aantal klassen tracht weer te geven, zal toch altijd moeten worden uitgegaan van bepaalde economische en sociale randvoorwaarden.

Bodemgeschiktheidsclassificaties kunnen weer uitgangspunt zijn voor economische landclassificaties. Hierbij worden met behulp van economische rekengrootheden de opbrengsten en de kosten die gemaakt zijn om deze opbrengsten te behalen, verwerkt tot één waarderingscijfer dat de mogelijkheden van een grond voor een vorm van bodemgebruik weergeeft. Men kan dit doen onder aanneming van verschillende randvoorwaarden. Afhankelijk hiervan kan men dan verschillende uitkomsten krijgen, die, evenals de bodemkundige landclassificaties, als basis kunnen dienen voor adviezen en beleidsbeslissingen over het landgebruik. Vaak spelen als randvoorwaarden ook sociale en politieke factoren een rol.

In het volgende hoofdstuk zullen de verschillende vormen van bodemkundige landclassificatie en hun onderlinge samenhang, nader worden uiteengezet. Hierbij zal ingegaan worden op de verschillende facetten van bodemgeschiktheid. Dit zal uitvoerig worden toegelicht met onderzoeksresultaten bij enige tuinbouwgewassen.

2 Beginselen van bodemgeschiktheidsonderzoek

2.1 Bodemkundige landclassificaties

2.1.1 Algemeen

Bodemkundige landclassificatie wordt door Vink (1955, 1963) verder onderverdeeld in:

Bodemclassificatie: het beschrijven, onderzoeken en rangschikken van de natuurwetenschappelijke aard van de gronden.

Bodemgebruiksclassificatie: het noteren van het huidige bodemgebruik, de bedrijfsvorm, de gewassen en het produktieniveau.

Bodemhoedanigheidsclassificatie: het beoordelen en classificeren van bodemhoedanigheden. Bodemhoedanigheden zijn aspecten van de bodemgesteldheid die het resultaat zijn van interacties tussen bodemkenmerken, bodemgebruik en omgeving (Kellogg, 1961; Gordon Steele, 1967), bijvoorbeeld de gevoeligheid voor wateroverlast, droogte en slemp en de bewortelbaarheid.

Bodemgeschiktheidsclassificatie: het op grond van ervaring, proeven en andere gegevens beoordelen en classificeren van de mogelijkheden die een grond biedt, zowel wat betreft de teelt van verschillende gewassen, als wat betreft de grondverbeteringsmogelijkheden.

Vink maakt bij deze indeling geen onderscheid tussen bodemclassificatie en bodemkartering. Andere onderzoekers, o.a. Schelling (1970) en De Bakker (1970), doen dit wel; mijns inziens terecht. Zij beschouwen bodemclassificatie als de basis voor bodemkartering en wel omdat de legenda van een bodemkaart afgeleid dient te worden uit een bodemclassificatiesysteem. Dit is echter alleen mogelijk wanneer het bodemclassificatiesysteem mede gebaseerd is op kennis van het voorkomen van de gronden in het terrein.

Uitgaande van dit onderscheid is er verschil tussen bodemeenheden als bodemclassificatie-eenheden en als bodemkaarteenheden. Laatstgenoemde zullen soms kleinere oppervlakten grond ('onzuiverheden') insluiten, die niet aan de omschrijving van de bodemkaarteenheid beantwoorden, maar uit karteertechnische of kaarttechnische overwegingen niet apart kunnen worden aangegeven.

Bodemclassificatie-eenheden zijn niet verontreinigd met andere bodemeenheden. In figuur 2, waar een schema van verschillende vormen van bodemkundige landclassificatie en hun onderlinge samenhang is gegeven, zijn bodemclassificatie en bodemkartering dan ook apart onderscheiden. Bodemgeschiktheidsonderzoek, resp. bodem-

Fig. 2. Schema van verschillende vormen van bodemkundige landclassificatie.

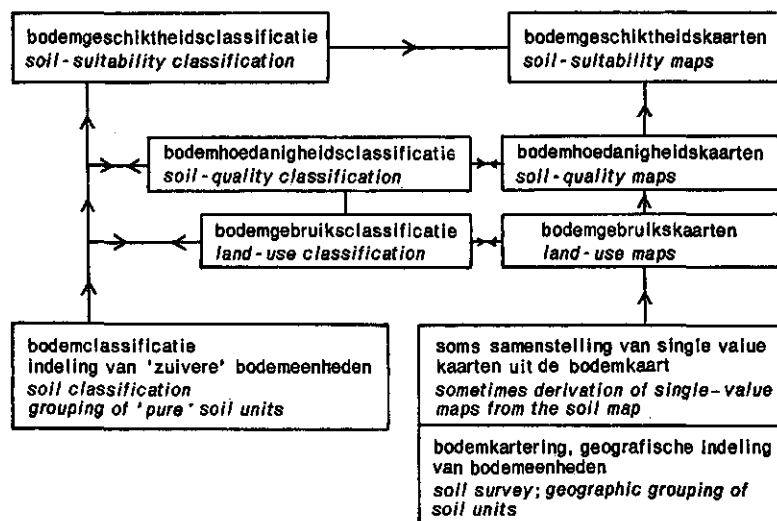


Fig. 2. Scheme of different kinds of land classification based on soil factors.

hoedanigheidsonderzoek, gebaseerd op bodemclassificatie-eenheden, leidt tot een bodemgeschiktheids-, resp. bodemhoedanigheidsclassificatie van zuivere bodemeenheden. Met behulp van deze classificaties kunnen weer interpretaties van bodemkaarten worden gemaakt. Hierbij moet men zich bewust zijn van voornoemde 'onzuiverheden'. Onder interpretaties van bodemkaarten worden verstaan uitspraken over het gedrag van de gronden van de bodemkaarten-eenheden bij een bepaalde behandeling, of over de mogelijkheden die deze gronden hebben voor een bepaald gebruik. Deze interpretaties kunnen worden gegeven in de vorm van kaarten of tabellen (Haans & Westerveld, 1970). Behalve uitspraken over de bodemgeschiktheid voor een bepaald gebruik, hebben interpretaties van bodemkaarten vaak ook betrekking op uitspraken over bodemhoedanigheden zoals slempgevoeligheid, vertrappingsgevoeligheid, bewortelbaarheid.

Tussen interpretatie van bodemkaarten en bodemgeschiktheids- en bodemhoedanigheidsclassificatie bestaat een overeenkomstige relatie als tussen bodemkartering en bodemclassificatie. Men kan ook bodemgeschiktheidsonderzoek baseren op bodemeenheden van bodemkaarten. Dit wordt bijvoorbeeld vaak gedaan bij inventarisering van plaatselijke ervaringskennis over de gebruiksmogelijkheden van gronden (De Smet, 1962). Men zal zich hierbij echter moeten realiseren dat deze bodemeenheden verontreinigd kunnen zijn met andere bodemeenheden en dat de inhoud van gelijke eenheden op de kaart hierdoor van gebied tot gebied kan variëren.

2.1.2 De betekenis van bodemclassificatie en bodemkartering

Om de agrarische mogelijkheden van een gebied in bodemkundig opzicht goed te kunnen weergeven, heeft men een overzicht van de voorkomende gronden en hun verbreiding nodig. Voor het weergeven van de resultaten van een dergelijke inventarisatie is een kaart zeer geschikt (Koeman, 1962).

In Nederland, waar de bodemkartering na de tweede wereldoorlog pas goed van de grond gekomen is, had de indeling van de gronden aanvankelijk een sterk landschappelijk karakter (Edelman, 1950). Naarmate de kennis toenam, kwamen verschillende bezwaren tegen deze benaderingswijze naar voren (De Bakker & Schelling, 1966). Een groot bezwaar voor toepassing in de landbouw was, dat de omschrijvingen van de gronden te vaag waren en niet steeds afgestemd op de eigenschappen van de grond zelf. Ook kwam door de regionale legenda's van de karteringen de verwantschap van gronden uit de verschillende gebieden veelal niet duidelijk naar voren, zodat overdracht van kennis vaak moeilijkheden gaf.

Het huidige Nederlandse bodemclassificatiesysteem (De Bakker & Schelling, 1966) heeft deze tekortkomingen niet. Het is een natuurlijk categorieënsysteem met een sterk pedogenetisch en morfometrisch karakter. De differentiërende criteria zijn zoveel mogelijk met behulp van meetbare kenmerken gedefinieerd. Het systeem is tot en met het vierde niveau (subgroepniveau) uitgewerkt. De indeling berust tot en met dit niveau op kenmerken die door bodemvorming zijn ontstaan.

Voor een snelle overdracht van onderzoeksresultaten en ervaringsfeiten kan een indelingssysteem niet gemist worden (Smith & Aandahl, 1957). Wil een bodemclassificatiesysteem nut hebben voor agrarische toepassingen, dan moeten de indelingscriteria ook een landbouwkundige betekenis hebben (Mackney, 1969). Bij de verdere uitbouw van het Nederlandse bodemclassificatiesysteem is het de bedoeling de grenzen van de lagere eenheden zoveel mogelijk op de landbouwkundige eigenschappen af te stemmen. Elementen voor de uitbouw naar de lagere niveaus zijn o.a. de textuur van de bovengrond, het verloop van de textuur in het profiel, het verloop van het koolzure-kalkgehalte, het humusgehalte en de grondwatertrappen. Deze elementen zijn reeds gehanteerd bij de onderverdeling, die in de legenda van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50000 wordt toegepast (intern rapport van de Stichting voor Bodemkartering).

De oppervlakten, waarin bodemclassificatie-eenheden in het veld voorkomen, kunnen sterk in vorm en grootte variëren. Voor het weergeven van de geografische verbreiding, de bodemkartering, schept dit een eigen problematiek (Buringh et al., 1962). Het resulteert in een kaartlegenda, die gebaseerd is op het bodemclassificatiesysteem. Het snel in kaart brengen van de verschillende gronden is mogelijk als verschillen tussen de onderscheiden bodemeenheden zich ook openbaren in het terrein. Uit karteringsoverwegingen dient daarom de legenda van een bodemkartering de bodemclassificatie-eenheden op een landschappelijke basis te groeperen (Schelling, 1970; De Bakker, 1970).

Er is reeds opgemerkt dat voor agrarische toepassingen de indelingscriteria op land-

bouwkundige eigenschappen moeten worden afgestemd. Daar de eisen die de verschillende gewassen aan de grond stellen uiteen kunnen lopen, houdt dit in dat de keuze van de indelingscriteria op een compromis moet berusten. De laatste jaren is bovendien de interpretatie van bodemkaarten voor niet-agrarisch bodemgebruik sterk toegenomen. De keuze van de indelingscriteria van de gronden wordt bij de multiple bodeminterpretatie zeer belangrijk. Sommige onderzoekers, o.a. Gibbons (1961) en Butler (1964) vragen zich af of het in veel gevallen niet de voorkeur verdient de indelingscriteria van de gronden te laten afhangen van het speciale doel, waarvoor gekarteerd wordt. Uit praktische overwegingen zal dit echter in veel gevallen niet mogelijk zijn.

Soms volstaat men met het in kaart brengen van slechts één bodemkenmerk of bodemhoedanigheid van een gebied, bijvoorbeeld de bouwvoorwaarte. Zulke kaarten worden 'single value' kaarten genoemd. Over de waarde van deze kaarten voor de beoordeling van de bodemkundige mogelijkheden voor de teelt van een gewas of groep gewassen schrijft Aandahl (1958) het volgende: 'Occasionally some one characteristic or quality may become a limiting factor for plant growth on several soils. When that is true, people are tempted to predict plant growth on the basis of this one characteristic or quality alone. This approach may work well enough within a limited universe where few plants, few soils and few levels of management are involved. Whenever attempts are made to extend the approach to a large universe, however it soon breaks down. To try to use a single characteristic or quality as a basis for predictions of plant growth is to invite error. The entire soil, i.e. the unique complex of characteristics comprising each kind of soil, must be considered as an entity of the landscape, including its climatic setting. This entity is the environment for plants'.

Soms worden single value kaarten afgeleid uit de bodemkaart van een gebied om bepaalde facetten van de bodemgesteldheid duidelijk te kunnen weergeven. Enkele voorbeelden zijn: zanddieptekaarten, afwijkende-lagenkaarten, bouwvoorwaarte-kaarten (Haans & Westerveld, 1970). Ook het afzonderlijk weergeven van de grondwatertrappen op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50000, moet als het in kaart brengen van een single value worden gezien. Voor de interpretatie van een bodemkaart kunnen single value kaarten een gemakkelijk hulpmiddel zijn.

Het beoordelen van de bodemkundige geschiktheid van gronden alleen op grond van single values houdt zoals Aandahl schrijft, gevaren in. Vaak zijn deze single values alleen bruikbaar onder bepaalde omstandigheden. Wijzigen de omstandigheden zich, dan kunnen deze single value kaarten waardeloos worden voor het aangeven van de gebruiksmogelijkheden van de desbetreffende gronden. Bij bodemkaarten is dit veel minder snel het geval.

2.1.3 De betekenis van de bodemgebruiks- en bodemhoedanigheidsclassificatie

Van gronden waar bepaalde bedrijfstypen of bepaalde gewassen veel voorkomen, kan men verwachten dat zij hiervoor geschikt zijn. Inventarisatie van het bodemgebruik in een gebied geeft een eerste benadering van de bodemgeschiktheid. Wanneer

bepaalde bedrijfstypen of gewassen in een gebied niet voorkomen, heeft het echter nog niet te betekenen dat de gronden in dit gebied hiervoor geen mogelijkheden bieden.

Het uitvoeren van bodemhoedanigheidsclassificaties geeft inzicht in de beperkingen die een grond heeft voor bepaalde bedrijfstypen of voor bepaalde gewassen (Vink, 1963; Haans & Westerveld, 1970). Bodemhoedanigheidsclassificatie kan hierdoor een waardevolle basis zijn voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling van gronden. In de volgende bladzijden zal hierop nader worden ingegaan. Vaak zal het met behulp van bodemhoedanigheidsclassificatie gemakkelijker zijn, ervaringen, opgedaan met gewassen op gronden uit het ene gebied, te interpreteren voor gronden in een ander gebied waar deze gewassen nog niet geteeld worden.

2.2 Bodemgeschiktheid, in het bijzonder voor de tuinbouw

2.2.1 Algemeen

Het telen van cultuurgewassen op bedrijven gebeurt, afgezien van de levensvreugde die het de teler kan geven, uit economische overwegingen. Met het verbouwen van gewassen tracht de teler een zo hoog mogelijk netto inkomen te verwerven. Een teler acht die gronden het meest geschikt voor het telen van gewassen, waarop hij het hoogste inkomen kan bereiken.

Vink (1963) omschrijft de geschiktheid van een grond als de mate van succes, waarmee een bepaald gewas of combinatie van gewassen bij goede bedrijfsvoering op een bepaalde grond regelmatig verbouwd kan worden. Daar grond en klimaat het groeimilieu van een gewas bepalen, kan de geschiktheidsbeoordeling van een grond voor de teelt van een of meer gewassen niet los gezien worden van het klimaat waarin de betreffende grond ligt. Voorts kunnen opbrengsten en kosten in sterke mate beïnvloed worden door de algemene technische en economische situatie die op hun beurt weer kunnen afhangen van sociale en politieke omstandigheden. Een bodemgeschiktheidsclassificatie wordt daarom altijd uitgevoerd bij bepaalde klimatologische, economische en sociale randvoorwaarden.

Vink (1963) onderscheidt verschillende niveaus waarop bodemgeschiktheidsclassificaties kunnen worden uitgevoerd. Hij onderscheidt niveaus naar de kwaliteit van de teler, naar de mate van waterbeheersing en grondverbetering. Hij spreekt van actuele bodemgeschiktheid, wanneer de gronden beoordeeld worden zoals zij op de bodemkaart staan aangegeven. Potentiële geschiktheid is de geschiktheid van de gronden na bepaalde ingrepen, zoals grondverbetering en verbetering van de waterbeheersing. Normaal gaat men in ons land bij een bodemgeschiktheidsclassificatie uit van een goede vaktechnische bedrijfsvoering en een gangbare bedrijfsomvang en bedrijfstype. Op deze basis is ook het bodemgeschiktheidsonderzoek bij tuinbouwgewassen uitgevoerd, dat in de volgende hoofdstukken zal worden besproken.

Vink noemt een aantal factoren waardoor de geschiktheid van de grond voor het telen van een gewas of combinatie van gewassen wordt bepaald:

1. de opbrengst,
2. de kwaliteit van het produkt,
3. de oogstzekerheid,
4. de kosten die gemaakt moeten worden om deze opbrengsten te behalen,
5. het bodempatroon.

De geldelijke opbrengsten van een gewas hangen af van de hoeveelheid en de kwaliteit van het geoogste produkt. Gronden die bij verschillende weersomstandigheden goede opbrengsten van goede kwaliteit geven, m.a.w. een gering oogst risico hebben, worden hoger aangeslagen dan gronden die gemiddeld over een reeks jaren dezelfde opbrengst geven, maar van jaar tot jaar sterk in opbrengst variëren.

Voor verschillende tuinbouwgewassen is het tijdstip waarop het produkt wordt aangevoerd van grote betekenis (Meijaard, 1965). Primeurs brengen in de regel de hoogste prijzen op. Gronden waar deze gewassen een vroege oogst kunnen geven, worden hoger gewaardeerd.

Voor een aantal, vaak slecht houdbare tuinbouwprodukten (verschillende groenten en snijbloemen) is de aanwezigheid van een grote veiling in de nabijheid van grote betekenis voor de te maken prijs. De bedrijven die deze produkten voortbrengen, liggen in verband hiermee meestal geconcentreerd in centra. In het verleden, toen de transportmogelijkheden gering waren, was een groenteteeltcentrum slechts mogelijk in de onmiddellijke nabijheid van een grote stad, waar de produkten konden worden afgezet. Von Thünen heeft in 1826 reeds gewezen op de grote betekenis van de afzetmogelijkheden van de produkten voor de geschiktheid van een gebied voor agrarische gebruiksvormen (Minderhoud, 1948). Naar analogie van de industrie spreekt men in de tuinbouw sinds enige tijd van de zogenaamde centrumfunctie (Jacobs, 1955; Sangers, 1969). Naast goede afzetmogelijkheden houdt dit in: de aanwezigheid van toeleveringsbedrijven, ervaren arbeidskrachten, mogelijkheid tot uitwisseling van ervaring tussen de tuinders onderling, enz. Dit heeft tot gevolg, dat gronden in een centrum door de teler hoger gewaardeerd worden voor een bepaalde teelt dan overeenkomstige gronden erbuiten (Pijs & Hulshof, 1957).

Het telen van gewassen brengt kosten met zich mee. Naarmate de kosten voor het behalen van een bepaalde opbrengst lager zijn, zal de grond hoger worden gewaardeerd. Bij hoge arbeidslonen wordt het netto-rendement per oppervlakte-eenheid bij verschillende gewassen sterk beïnvloed door de mogelijkheden voor het gebruik van machines. Dit laatste stelt eisen aan de grond, maar ook aan het reliëf, de bedrijfs-grootte en de landinrichting (De Smet, 1963).

Vink (1963) heeft voor de akker- en weidebouw getracht de bodemgeschiktheid, gebaseerd op het verschil van kosten en opbrengsten, in sterke mate te kwantificeren. Hiervoor heeft hij in samenwerking met het Landbouw-Economisch Instituut proefbegrotingen gemaakt met behulp van gegevens van het bedrijfs- en proefplekkenonderzoek. Voor deze sterk kwantitatieve benadering van de bodemgeschiktheid moesten niet alleen grote hoeveelheden werk worden verzet, zij had ook als nadeel dat bij wijziging van de produktieomstandigheden herziening van de bodemgeschiktheidsclassificatie op veel moeilijkheden stuit. Voorts kan men zich afvragen of een zo

gedetailleerde bodemgeschiktheidsclassificatie wel noodzakelijk is voor de interpretatie van bodemkaarten (voornamelijk schaal 1:10000 en kleiner), zoals die door de Stichting voor Bodemkartering worden gemaakt. De Stichting voor Bodemkartering is daarom van deze sterk kwantitatieve benadering van de bodemgeschiktheid afgestapt. In de tuinbouw is ze zelfs nooit toegepast. In deze bedrijfstak is reeds vroeg aandacht geschonken aan de bodemkundige beperkingen die de verschillende gronden hebben voor de teelt van tuinbouwgewassen (De Bakker, 1950; Van Liere, 1948). Bij intensieve teelten, zoals die van vele tuinbouwgewassen, zijn namelijk de mogelijkheden om zich aan te passen aan bodemkundige beperkingen veel groter dan bij de meer extensieve teelten. Hierop zal in de volgende hoofdstukken nog uitvoerig worden ingegaan. Door de Stichting voor Bodemkartering wordt daarom bij de interpretatie van bodemkaarten voor tuinbouwkundige doeleinden zoveel mogelijk aangegeven welke bodemkundige beperkingen de gronden hebben.

Sinds een aantal jaren wordt door de Stichting voor Bodemkartering de interpretatie van bodemkaarten voor akker- en weidebouw ook via bodemkundige beperkingen benaderd. Hierbij wordt uitgegaan van de ideale grond. Afhankelijk van de aard en de grootte van de beperkingen wordt een grond in één van de waarderingsklassen geplaatst. Beperkingen kunnen zijn bodemhoedanigheden, zoals de gevoeligheid voor slemp, wateroverlast, droogte en vertrapping van de zode, maar ook bepaalde kenmerken van een grond, zoals het koolzure kalkgehalte. Deze benadering van de bodemgeschiktheid heeft het voordeel dat minder de nadruk gelegd wordt op het bedrijfs-economisch aspect dan op de knelpunten van een grond.

Voor al voor de tuinbouw, maar ook voor verschillende andere vormen van bodemgebruik, is dit laatste belangrijk omdat de bodemgebruiker zich dan kan afvragen of hij deze knelpunten kan wegnemen en, zo ja, op welke manier dat het best kan geschieden. Daar staat tegenover dat het verband bodemgeschiktheid en beperking niet altijd duidelijk is, evenals de onderlinge beïnvloeding van de beperkingen. De interpretaties die de Stichting voor Bodemkartering van haar bodemkaarten maakt, hebben dan ook een globaal karakter, wat uiteraard ook samenhangt met de kaartschaal.

Sommige bodemhoedanigheden, zoals de vertrappingsgevoeligheid van de zode van grasland, kunnen kwantitatief worden weergegeven door het meten van indringingsweerstand (Wind & Schothorst, 1965), andere daarentegen nog maar globaal beschrijvend, zoals de gevoeligheid voor droogte en wateroverlast.

De bodemgeschiktheidsclassificatie gebaseerd op beperkingen heeft ook het voordeel dat zij gemakkelijker aan nieuwe situaties kan worden aangepast.

Het bodempatroon, waaronder wordt verstaan de ligging van de gronden in het veld ten opzichte van elkaar, is tot nu toe nog weinig onderzocht en nog niet betrokken in de interpretatie van bodemkaarten. Toch bepaalt die ligging mede de gebruiksmogelijkheden van de grond. Nader onderzoek hierover is dan ook gewenst. Komen in een gebied bijvoorbeeld sterk uiteenlopende gronden grillig met elkaar vervlochten voor, waardoor één perceel uit meer soorten gronden bestaat, dan zullen de teeltmaatregelen meestal gebaseerd zijn op de bodemkundige eigenschappen van die grond die de grootste oppervlakte van het perceel inneemt. Dit kan tot gevolg hebben dat de op-

brengsten op de andere delen van het perceel niet optimaal zijn. Naarmate de bedrijven en kavels groter worden, de bedrijven zich meer gaan specialiseren en de mechanisatie voortschrijdt, wordt het bodempatroon steeds belangrijker bij de beoordeling van de landbouwkundige mogelijkheden van een gebied. Weinig bodemverschillen per kavel bevordert namelijk een vlotte uitvoering van de verschillende werkzaamheden.

In tegenstelling tot het voorgaande, waarbij de bodemgeschiktheid benaderd wordt via de grond in zijn totaliteit, kan de bodemgeschiktheid ook benaderd worden vanuit de verschillende deelfacetten van de grond. Er wordt dan getracht vast te stellen in welke mate de verschillende bodemkundige factoren bijdragen tot de te verwachten produktie. Via een wiskundig model worden deze afzonderlijke bijdragen gesynthetiseerd tot de te verwachten produktie, die dan als maatstaf dient voor de bodemgeschiktheid. Deze methode, waarbij de moeilijkheden vooral liggen in het vaststellen van het wiskundig model met de bijbehorende parameters, wordt wel aangeduid als de parametermethode. Een bodemgeschiktheidsclassificatie die op deze methode gebaseerd is, is voor de tweede wereldoorlog reeds ontwikkeld door Storie (1933) in Californië. Recent is door Riquier et al. (1970) een mathematisch model ontwikkeld voor de berekening van de actuele en potentiële bodemgeschiktheid.

Een voordeel van de parametermethode is dat zij tracht de bodemgeschiktheid zoveel mogelijk te kwantificeren. Daar staan echter nog zodanige nadelen tegenover dat de Stichting voor Bodemkartering deze methode nog niet toepast. Afgezien van het te gebruiken model is bijvoorbeeld de kennis over interacties van de verschillende factoren nog zeer onvolledig. Deze interacties spelen een belangrijke rol bij de waarde-bepaling van deze factoren. Gebruikt men de parametermethode, dan zal het nodig zijn de berekende bodemgeschiktheden achteraf in het veld te verifiëren ter voorkoming van grote fouten.

Beek & Bennema (1972) beoordelen de bodemkundige mogelijkheden van gebieden in de ontwikkelingslanden via onderzoek naar de geschiktheid van gronden voor de verschillende vormen van landgebruik (land utilisation types). Zij onderscheiden vormen van agrarisch landgebruik, zoals veehouderij, akkerbouw, fruitteelt, groenteteelt en bosbouw, maar ook vormen van niet-agrarisch landgebruik zoals recreatie, industrievestiging en civieltechnische werken.

De vormen van agrarisch landgebruik kunnen onderverdeeld worden naar o.a.:

1. de aard van de geteelde gewassen of van de veeteelt,
2. de intensiteit van het landgebruik; deze komt tot uiting in de hoeveelheid kapitaal en arbeid die per oppervlakte-eenheid wordt aangewend,
3. de mechanisatiegraad, d.w.z. de aantallen en aard van de werktuigen die per oppervlakte-eenheid worden gebruikt,
4. de bedrijfsgrootte,
5. het ontwikkelingsniveau van de teler; hiermee hangen vaak samen de intensiteit van het landgebruik en de mechanisatiegraad, alsook de toepassingsmogelijkheden van grondverbetering, ontwatering en irrigatie.

Men zou de bovengenoemde landgebruiksvormen nog verder kunnen onderver-

delen naar de aangewende hoeveelheid arbeid en kapitaal per oppervlakte-eenheid. Hierop wordt nader ingegaan in paragraaf 2.2.2. Ook is een onderverdeling mogelijk bijvoorbeeld in bedrijven waar alle werkzaamheden door de ondernemer en zijn gezinsleden verricht worden (familiebedrijven) en in bedrijven met vreemde arbeidskrachten.

Ter afsluiting van de algemene opmerkingen dient nog eens extra benadrukt te worden dat een bodemgeschiktheidsclassificatie niet statisch is. Verandering van de economische situatie, vermeerdering van kennis, introductie van nieuwe teelttechnieken, produktiemiddelen, enz. kunnen de geschiktheid van een grond ingrijpend wijzigen.

2.2.2 Bodemgeschiktheid en intensiteit van het bodemgebruik

Het agrarisch bodemgebruik kan uiteenlopen van extensief tot zeer intensief. Zo is de teelt van tuinbouwgewassen in kassen een vorm van zeer intensief bodemgebruik, terwijl bosbouw extensief is. Een goede indruk van de intensiteit van het bodemgebruik geven de produktiekosten (tabel 2). Bij de berekening van de produktiekosten is uitgegaan van een rentepercentage van 6, dat ook is aangehouden bij de berekening van de kosten van de grond. In de bosbouw wordt wel een lager rentepercentage aangehouden, omdat houtopbrengsten zijn vrijgesteld van de inkomstenbelasting. De kosten van de grond zijn in tabel 2 gegeven voor het geval de grondgebruiker tevens eigenaar is.

De produktiekosten lopen zeer sterk uiteen. Dit is in veel mindere mate het geval met de kosten voor het gebruik van de grond. Drukken wij de kosten van de grond uit in procenten van de produktiekosten, dan zien wij het percentage zeer sterk afnemen naarmate de teelt intensiever wordt.

Bij intensieve teelten, dus hoge geldelijke opbrengsten per oppervlakte-eenheid, zijn maatregelen voor opheffing van bodemgebreken veel eerder economisch verantwoord dan bij extensieve teelten. Bij intensieve teelten betekent een opbrengststijging van enkele procenten reeds een groot bedrag; dit in tegenstelling tot de meer extensieve teelten. Ook de hogere prijzen die men in een centrum voor zijn produkten kan krijgen, zullen ertoe bijdragen dat de mogelijkheden voor opheffing van bodemgebreken van gronden binnen een centrum groter worden. Het is daarom belangrijk dat de actuele geschiktheid van gronden wordt aangegeven met de beperkingen. Immers, kent men de beperkingen van een grond, dan kan men nagaan of het economisch verantwoord is die grond in gebruik te nemen voor een gewas of groep gewassen, hetzij zonder hetzij na vermindering of opheffing van deze beperkingen.

2.2.2.1 Aanpassing door gewassenkeuze

Bij extensieve teelten, zoals in de bosbouw, waar het economisch meestal niet verantwoord is produktieverhogende maatregelen te nemen, zal het accent bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling op de gewassenkeuze liggen. Er wordt dan aangegeven met welke gewassen, goede tot redelijke resultaten zijn te behalen op een bepaalde grond

Tabel 2. Globale jaarlijkse produktiekosten en kosten van de grond van een aantal gewassen¹.

		Produktie- kosten Production costs in f/1000m ²	Kosten van de grond Costs of soil use		Intensiteit van bodem- gebruik ² Intensity of soil use ²
			f/1000m ²	% Prod. k. % Prod. c.	
Baccara-rozen in verwarmde kassen					
Roses in heated greenhouses	1970	32 154	314	1,0	+++
Tomaten in verwarmde kassen (Berkel)					
Tomatoes in heated greenhouses (Berkel)	1970	19 783	314	1,6	+++
Tulpen (West Friesland)					
Tulips (Westfriesland)	1969/70	2 600	100	3,8	++
Appel M IX (Z.W. zeekleigebied)					
Apple M IX = (S.W. marine clays)	1969/70	1 210	83	6,9	++
Asperge					
Asparagus	1970	760	50	6,6	+
Weidegebied op klei (melkveehouderij)					
Pasture on clays (dairy farming)	1968/69	330	45	13,6	+
Akkerbouw (Z.W. zeekleigebied)					
Arable farming (S.W. marine clays)	1969/70	287	60	20,9	+
Akkerbouw (veenkoloniën)					
Arable farming (peatland settlements)	1969/70	248	45	18,1	+
Populier, 15 jaar omlooptijd					
Poplar, rotation of 15 years	1970	64	45	70,3	—
Populier, 30 jaar omlooptijd					
Poplar, rotation of 30 years	1970	55	45	81,8	—
Eik, 90 jaar omlooptijd					
Oak, rotation of 90 years	1970	81	45	55,6	—
Eik, 120 jaar omlooptijd					
Oak, rotation of 120 years	1970	60	45	75,0	—
Fijnspar, 50 jaar omlooptijd					
Norway spruce, rotation of 50 years	1970	81	45	55,6	—

1. Bronnen / Taken from: LEI, Consulentenschap voor de Tuinbouw in Limburg, Mededeling nr. 120 Stichting Bosbouwproefstation 'De Dorskamp', Nieuwe bossen in Nederland, extra nummer Ned. Bosbouw. Tijdschr., april 1971

2. +++ : zeer intensief, jaarlijkse produktiekosten per 1000 m² > f10000
 very intensive, yearly production costs per 1000 m² > f10000
 ++ : intensief, jaarlijkse produktiekosten per 1000 m² f10000 — f1000
 intensive, yearly production costs per 1000 m² f10000 — f1000
 + : matig intensief, jaarlijkse produktiekosten per 1000 m² f1000 — f100
 moderately intensive, yearly production costs per 1000 m² f1000 — f100
 — : extensief, jaarlijkse produktiekosten per 1000 m² < f100
 extensive, yearly production costs per 1000 m² < f100

Table 2. General annual production costs and costs of the soil use for some horticultural crops¹.

(Van Lynden, 1966). Bij intensieve gewassen past men zich soms binnen één gewas aan door rassenkeuze. In de fruitteelt kan men door het kiezen van rassen en onderstammen, gecombineerd met een juiste plantafstandskeuze, op uiteenlopende gronden met succes fruitteelt beoefenen (Butijn, 1961). Bij tulpen zijn er enkele cultivars die een duidelijke voorkeur vertonen, hetzij voor zavelgrond, hetzij voor zandgrond (rassenlijst voor tulpen, 1972). Van Liere (1948) wees er reeds op dat tussen de variëteiten van de druiven onder glas verschillen in gevoeligheid voor ongunstige bodemomstandigheden bestaan.

2.2.2.2 Aanpassing door teelttechnische en cultuurtechnische maatregelen

De fysieke opbrengsten van een gewas worden bepaald door de milieuomstandigheden tijdens het groeiseizoen. De teler zal, zover dit economisch verantwoord is, de bodemkundige en klimatologische groeifactoren zo gunstig mogelijk voor het gewas willen maken. In figuur 3 is dit schematisch weergegeven. Voorts zal hij ook het gewas zodanig behandelen dat dit opbrengstverhogend zal werken.

Grond, klimaat en gewas beïnvloeden elkaar. Ingrijpen in één van deze drie kan doorwerken op de andere twee. Beïnvloeding van grond, klimaat en gewas moet uiteindelijk resulteren in een zo hoog mogelijke opbrengst. Van de aanpassing aan de grond door de teler schrijft Northcote (1964) het volgende: '...there can be no 'good' or 'bad' soils *per se*, but only soils of lesser, or greater, difficulty of management. And it follows, at least theoretically, that, if technology is sufficiently well developed to fully advise on the factor *man*, it should be possible to bring *all soils* to the same standard for plant growth purposes. That is, the same yields should be obtainable from quite different soils for a given crop'.

Voor de zeer intensieve teelten onder glas gaat deze uitspraak al voor een groot deel op. Zo worden bijvoorbeeld tomaten in verwarmde kassen met succes op uiteen-

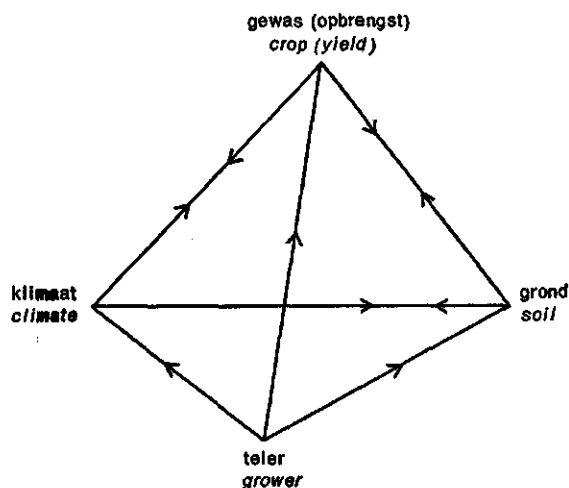


Fig. 3. Schematische voorstelling van de mogelijkheden van een teler om de groei van een gewas te beïnvloeden.

Fig. 3. Scheme of ways open to the grower for influencing the growth of crops.

lopende gronden geteeld door aanpassing van de teeltmethode aan de grond (zie hoofdstuk 6).

Teler-grond-gewas-relatie De bodembehandelingsmaatregelen die een teler neemt om een zo hoog mogelijke opbrengst te behalen, hangen af van:

1. de eisen die een gewas stelt aan de lucht- en waterhuishouding en de voedings-toestand van een grond, en in samenhang daarmee van
2. de bodemkundige eigenschappen van een grond,
3. de eisen die aan de grond gesteld worden voor het uitvoeren van verschillende werkzaamheden, in het bijzonder voor het mechanisch oogsten van produkten uit de grond. Hierbij wordt de eis gesteld dat de grond weinig kluiten bevat. De grondbe-werking zal hierop afgestemd moeten worden.

Door bemesting, drainage, beregening, slootwaterstandsbeheersing, grondbewerking, onkruidbestrijding etc. kan de teler een grote invloed uitoefenen op het wortelmilieu en daardoor op de opbrengst.

Bij grondverbetering, met name door diepe grondbewerking, wordt de profielop-bouw ingrijpend gewijzigd. Het zal duidelijk zijn dat kennis van de eisen die een gewas aan de bodem stelt voor de cultuurtechnici van groot belang is, evenals kennis van de grond die hij te verbeteren krijgt.

Door het toenemend gebruik van zwaardere werktuigen worden steeds hogere eisen gesteld aan de draagkracht van de grond en hiermee samenhangend aan de ont-watering. Voorts heeft mechanisatie van werkzaamheden, bijvoorbeeld machinaal oogsten, vaak ook consequenties voor andere bewerkingen. Zo is het voor het machi-naal rooien van aardappelen belangrijk dat de ruggen weinig kluiten bevatten. Op de ene grond is dit veel gemakkelijker te bereiken dan op de andere (Hoekstra & Van Wallenburg, 1967). De teelt van tulpen op ruggen heeft eveneens in verband met het machinaal oogsten de laatste jaren op de zavel- en kleigronden een sterke uitbreiding ondergaan. Daar tulpen in de herfst geplant worden, speelt bij dit gewas de bodemge-steldheid een nog belangrijkere rol voor het verkrijgen van een machinaal te oogsten rug dan bij de aardappelen (Van Ouwkerk et al., 1971).

Teler-klimaat-gewas-relatie De teler kan in kassen in sterke mate het klimaat be-invloeden. Temperatuur, luchtvochtigheid en koolzuurgehalte zijn min of meer te regelen. In toenemende mate wordt dat zelfs geautomatiseerd, evenals het water geven. De teler kan hierdoor steeds beter tegemoetkomen aan de eisen die een gewas aan het kasklimaat stelt om optimale resultaten te behalen. Het onderzoek naar die eisen is door deze technische mogelijkheden sterk in het middelpunt van de belang-stelling komen te staan (Germing, 1969).

Ook de grond kan van invloed zijn op de eisen die een gewas aan het kasklimaat stelt. Tomaten die op groeikrachtige zandgronden staan, hebben in lichtarme perioden in de winter en het vroege voorjaar een ander kasklimaat nodig dan tomaten op minder groeikrachtige kleigronden. In hoofdstuk 6 wordt hier nader op ingegaan.

Bij de teelt in de volle grond past men eveneens beïnvloeding van het klimaat toe,

zij het in veel geringere mate dan bij de teelt in kassen. In de fruitteelt bijvoorbeeld wordt in de windrijke gebieden het klimaat gunstig beïnvloed met windschermen. Ook nachtvorstbestrijding is een vorm van klimaatsbeïnvloeding.

2.3 Methoden van onderzoek naar de bodemgeschiktheid

Het bodemgeschiktheidsonderzoek heeft verschillende facetten en vereist samenwerking van bodemkundigen met andere deskundigen. Voor agrarische doeleinden is een nauwe samenwerking met gewasdeskundigen vereist. Ook de medewerking van cultuurtechnici, landbouwscheikundigen en landbouweconomen zal vaak nodig zijn.

Het bodemgeschiktheidsonderzoek kan gebaseerd zijn op zuivere bodemeenheden, maar ook op eenheden van de bodemkaart. Deze laatste zullen vaak verontreinigd zijn door onzuiverheden, zoals in voorgaande bladzijden is uiteengezet. Is het onderzoek gebaseerd op de bodemkaart, dan leidt dit tot de rechtstreekse bodemgeschiktheidsinterpretatie van de bodemkaart. Het kan echter ook een bijdrage leveren tot de bodemgeschiktheidsclassificatie van zuivere bodemeenheden, die weer als basis kan dienen voor de interpretatie van andere bodemkaarten.

Vink (1963) onderscheidt in het bodemgeschiktheidsonderzoek vier stadia; hij maakt hierbij geen onderscheid tussen zuivere bodemeenheden en kaarteenheden van de bodemkaart.

2.3.1 Inventarisatie van de gronden en gewassen

Door na te gaan op welke gronden wel en op welke niet de beschouwde gewassen geteeld worden, krijgt men een eerste benadering van de geschiktheid van de verschillende gronden voor die gewassen. Vaak zal als basis voor het onderzoek de bodemkaart gebruikt worden. Het volgende stadium van het onderzoek is:

2.3.2 Inventarisatie van plaatselijke ervaring

Door inventarisatie van de plaatselijke ervaringen, die met een teelt op de verschillende gronden zijn opgedaan, kan men vaak de gronden in een bepaalde rangorde betreffende de bodemgeschiktheid voor het beschouwde gewas plaatsen (De Smet, 1962). Ook voor deze inventarisatie zal vaak de bodemkaart als basis dienen. Als men vervolgens de gronden in een aantal geschiktheidsklassen indeelt, komt men tot een beschrijvende bodemgeschiktheidsclassificatie. Vink (1958) spreekt in dit verband wel over gesystematiseerde boerenervaring. De volgende stap is:

2.3.3 Kwantificering van kosten en opbrengsten

Gegevens, door andere onderzoekingsinstellingen (bijvoorbeeld Landbouw-Economisch Instituut, proefstations, proefboerderijen, proeftuinen) verzameld, zijn soms bruikbaar voor kwantificering van opbrengsten en kosten. Dit is vooral het geval

wanneer de bodemindeling globaal is. Bij een gedetailleerde bodemindeling zal een bepaald gegeven vaak betrekking hebben op meer dan één 'zuivere' bodemeenheid. Het is dan meestal onmogelijk dit gegeven op een juiste wijze te verdelen over de verschillende bodemeenheden. Met proefplekkenonderzoek kan dit bezwaar worden ondervangen.

In de tuinbouw wordt bij het bodemgeschiktheidsonderzoek sterk de nadruk gelegd op de opbrengsten. Voor veel tuinbouwgewassen weerspiegelt de bodemgeschiktheid zich namelijk in de opbrengsten, omdat de verschillen in kosten voor deze gewassen op de verschillende gronden niet groot zijn. In sommige gevallen echter worden de kosten van bepaalde teeltmaatregelen sterk door de bodemgesteldheid beïnvloed; dan wordt bij het bodemgeschiktheidsonderzoek hieraan aandacht geschonken.

2.3.3.1 Proefplekkenonderzoek

Gegevens over kosten en opbrengsten kan men, ook bij gedetailleerde bodemindeling, per 'zuivere' bodemeenheid verzamelen door middel van proefplekken in praktijkpercelen. Wanneer men deze proefplekken tijdens de groei van een gewas aanlegt, dus niet vóór het planten of zaaien, dan moet men er zich van bewust zijn dat eventuele reeds opgetreden mislukkingen van het gewas niet meer in het onderzoek betrokken worden omdat deze gewassen al zijn omgeploegd of gerooid. Voorts heeft de teler reeds een keuze gemaakt. Op zeer ongeschikte gronden komt het betreffende gewas niet voor.

Bij het proefplekkenonderzoek worden proefplekken op verschillende bodemeenheden, maar vaak ook op verschillende bedrijven aangelegd. Behalve door bodemverschillen kunnen de uitkomsten dan ook beïnvloed worden door verschillen in vakbekwaamheid. Om dit bezwaar voor een belangrijk deel te ondervangen, kan men op twee manieren tewerk gaan:

Volgens de beste-bedrijvenmethode Bij deze methode, het eerst toegepast door Van Liere (1948), worden alleen goed geleide bedrijven in het onderzoek betrokken. Door deze selectie mag men aannemen dat grote verschillen in vakbekwaamheid van de ondernemers niet voorkomen, waardoor de invloed van de factor teler op de opbrengsten en kosten op alle proefplekken vrijwel gelijk is.

Volgens de slechte-plekkenmethode Deze methode is het eerst toegepast door De Bakker (1950). Hierbij worden op een zelfde perceel proefplekken aangelegd op verschillende bodemeenheden. Eventuele verschillen in opbrengst en gewasontwikkeling kunnen dan aan bodemkundige verschillen worden toegeschreven. Omgekeerd zullen bodemkundige verschillen, die niet in de opbrengst of gewasontwikkeling tot uiting komen voor het gewas niet erg belangrijk zijn. Deze methode heeft echter het nadeel dat de behandeling van het gewas veelal wordt afgestemd op de bodemeenheid met de grootste oppervlakte. De ontwikkeling van het gewas op de andere bodemeenheden kan hierdoor slechter zijn dan in feite nodig is. Ook krijgt men geen goede indruk van de relatie bodemgesteldheid en kosten.

2.3.3.2 Tijdsduur van het onderzoek

De verschillen in weersomstandigheden kunnen de oorzaak zijn dat de onderzoeksresultaten van jaar tot jaar uiteenlopen. Zo kunnen bepaalde bodemeenheden van jaar tot jaar grote verschillen in opbrengsten vertonen. De mate van wisselvalligheid van de oogst kan men dan in de factor oogstzekerheid tot uitdrukking brengen.

De jaarlijkse verschillen die onder andere in neerslag en temperatuur kunnen optreden houden in, dat men bij het bodemgeschiktheidsonderzoek niet kan volstaan met één jaar. Uit praktische overwegingen wordt vaak een periode van minstens drie jaar aangehouden. Bij meerjarige gewassen kan het belangrijk zijn het onderzoek langer voort te zetten, omdat de economische levensduur van een gewas beïnvloed kan worden door de bodemgesteldheid. Op de minder geschikte gronden bijvoorbeeld kan het gewas eerder versleten zijn.

2.3.4 Verklaring van de gevonden verschillen in bodemgeschiktheid

Het bodemgeschiktheidsonderzoek, dat gebaseerd is op het verschil in opbrengsten en kosten, loopt vaak parallel met het onderzoek naar de bodemkundige factoren die de verschillen in geschiktheid veroorzaken, het zogenaamde verklarende bodemgeschiktheidsonderzoek. De eerste aanwijzingen van factoren die beperkend kunnen zijn, worden vaak verkregen bij het reeds genoemde beschrijvende bodemgeschiktheidsonderzoek, waarbij de ervaring van de grondgebruikers en andere deskundigen wordt geïnventariseerd. Bestudering van het wortelstelsel kan hierover ook waardevolle inlichtingen verschaffen (Butijn, 1958; Van der Kloes, 1965).

Proefplekkenonderzoek geeft de mogelijkheid de invloed van verschillende factoren meer kwantitatief te benaderen. Met behulp van wiskundige bewerkingstechnieken wordt getracht vast te stellen welke factoren de opbrengsten beïnvloeden en in welke mate. Ferrari (1960) spreekt in dit verband over onderzoek met behulp van proeven zonder ingreep, dit in tegenstelling tot proefveldenonderzoek waarbij men kunstmatig één of meer factoren varieert. Beide methoden van onderzoek worden door hem uitvoerig besproken. Van der Boon (1961, 1967) die proefplekkenonderzoek bij verschillende tuinbouwgewassen heeft verricht om de invloed van bodemvruchtbaarheidsfactoren op de opbrengst na te gaan, wijst erop dat het bij dit onderzoek belangrijk is het aantal niet bodemkundige factoren die van invloed kunnen zijn op de opbrengst, zoveel mogelijk te beperken. Uitgaan van uniform plantmateriaal dat door dezelfde personen in een zekere korte periode wordt geplant, acht hij een belangrijke voorwaarde. Bij mijn onderzoek bij stooktomaten is er naar gestreefd zoveel mogelijk van hetzelfde kastype uit te gaan.

Hetzelfde geldt voor de verzorging van het gewas. Door uit te gaan van goed geleide bedrijven, bereikt men dat deze zoveel mogelijk gelijk is. Met een zorgvuldige keuze van de proefplekken kan men aldus bereiken dat met geringe aantallen toch betrouwbaar kan worden vastgesteld welke bodemkundige factoren onder bepaalde omstandigheden bepalend zijn voor de produktie.

Behalve Van der Boon hebben ook andere onderzoekers los van het bodemprofiel proefplekkenonderzoek gedaan om de relatie tussen opbrengst en één of meer bodemkundige factoren vast te stellen (o.a. Visser, 1947, 1948, 1949; Ferrari, 1952; Boekel, 1963, 1966). Er is reeds opgemerkt dat het effect van één bodemfactor kan worden beïnvloed door interacties met andere bodemfactoren. De kans op deze beïnvloeding wordt groter naarmate de gronden minder aan elkaar verwant zijn. Ondanks de bezwaren heeft deze methode waardevolle resultaten gegeven.

3 De ontwikkeling van het bodemgeschiktheidsonderzoek in de tuinbouw in ons land

De grondlegger van onze bodemkartering W. A. J. Oosting heeft reeds in een artikel in 1939 gewezen op het verband tussen het bodemprofiel en het afsterven van vruchtbomen. Het bodemgeschiktheidsonderzoek in de tuinbouw is in ons land echter pas goed op gang gekomen kort na de tweede wereldoorlog met de kartering van het Westland door Van Liere (1948) en een aantal fruitteeltgebieden in Zeeland door De Bakker (1950). Van Liere vond een zeer sterke invloed van het bodemprofiel op de opbrengst van kasdruiven, terwijl De Bakker hetzelfde aantoonde voor de fruitteelt in de volle grond.

Van het bloembollengebied tussen Leiden en Haarlem werd van 1947 tot 1950 een kartering uitgevoerd (Van der Meer, 1952), het Geestmerambacht werd van 1948 tot 1950 gekarteerd (Du Burck, 1957). De kartering van het tuinbouwgebied van het Grootslag werd voltooid in 1955 (Ente, 1963).

De bodemkartering heeft vooral in de tuinbouw snel toepassing gevonden, omdat bij uitbreiding of stichting van nieuwe bedrijven vaak de mogelijkheid aanwezig is een keuze te maken uit een aantal percelen. De hoge investeringen die in de tuinbouw per oppervlakte-eenheid nodig zijn, brachten Prof. Edelman, de grote promotor van de bodemkartering in ons land, reeds in 1945 tot de uitspraak: 'De tuinbouw heeft de beste gronden nodig'. In 1947 werd een rijkstuinbouwconsulent voor bodemaangelegenheden aangesteld en werden bij de regionale rijkstuinbouwconsulentschappen bodemkundige assistenten gedetacheerd. Hierdoor was het mogelijk zeer snel de resultaten van het bodemkarteringsonderzoek aan de praktijk door te geven. Deze assistenten verkregen na verloop van tijd vaak een grote regionale ervaring met de mogelijkheden van de gronden voor de teelt van tuinbouwgewassen. Bij het vervaardigen van bodeminterpretatiekaarten is hiervan vaak dankbaar gebruik gemaakt.

De bodemkartering ten behoeve van de tuinbouw heeft in de beginjaren van de bodemkartering in ons land ook een impuls gekregen van stedenbouwkundige en planologische zijde. Bij uitbreiding kwamen de snel groeiende steden vaak in conflict met de tuinbouw, die zich vaak in verband met de afzet van de produkten rond de steden gevestigd had en daar de gronden geschikt gemaakt had ten koste van veel moeite.

In opdracht van steden zijn vooral in de periode 1945-1960 door de Stichting voor Bodemkartering veel gebieden rond de steden in detail gekarteerd om de waarde van deze gronden voor de landbouw en wel in het bijzonder voor de tuinbouw te kunnen vaststellen. De opzet was dan, indien mogelijk, hoogwaardige gronden bij stadsuitbreiding te sparen. Ook werden wel in opdracht van de steden bodemkarteringen uitgevoerd om voor de te verdwijnen tuinbouwgronden vervangende gronden te vinden.

In het kader van het tuinbouwvestigingsplan (Egberts & Scheer, 1948) is door de Stichting voor Bodemkartering voorts van iedere provincie een globale bodemgeschiktheidskaart voor de tuinbouw met bijbehorend rapport gemaakt, schaal 1 : 100000. Het veldwerk van de laatste provinciale globale bodemgeschiktheidskaart kwam in 1964 gereed. De grond werd naar tuinbouwgeschiktheid ingedeeld in drie klassen. Deze geschiktheidsbeoordeling berustte voornamelijk op ervaringskennis, waarbij de regionale tuinbouwconsulentschappen een belangrijke inbreng hadden. Voorts werd op deze kaarten aangegeven welke gronden reeds in gebruik waren voor tuinbouw.

Door Van der Kloes (1965) is de mate van bodemgeschiktheid en de gewenste bodembehandeling voor de tuinbouwgewassen (appel, tulp, roos en komkommer) benaderd via de bewortelingsmogelijkheden die de onderzochte gronden voor deze gewassen hebben. In verband hiermede is veel aandacht besteed aan de bodemstructuur. Van der Kloes stelde dat naarmate de beworteling dieper en intensiever is, de grond meer geschikt is voor tuinbouw. Hij heeft deze bewering echter niet gestaafd met een onderzoek naar de opbrengsten en kosten. Voor de teelt van tuinbouwgewassen in de volle grond op gronden met zo diepe grondwaterstanden dat de capillaire wateraanvoer vanuit het grondwater voor het gewas van geen betekenis is, zal de bewering grotendeels wel opgaan. Maar voor de gronden in de polders waar men de grondwaterstand in de hand heeft en grote grondwaterschommelingen kan voorkomen, zal de relatie tussen beworteling en bodemgeschiktheid veel minder aanwezig zijn. Ondiepe beworteling kan dan gepaard gaan met hoge opbrengsten. Goedewaagen (1955) en Jonker (1958) geven hiervan voorbeelden in de IJsselmeerpolders. Ook kunnen de zanderijgronden van de bloembollenstreek worden genoemd, die bij een grondwaterstand van 55 cm uitstekende resultaten in de bloembollenteelt geven (Van der Meer, 1952). Uit mijn onderzoek bij stooktomaten zijn eveneens voorbeelden van goede opbrengsten bij een ondiepe beworteling te noemen. Wanneer de omstandigheden zo zijn dat de gewassen bij ondiepe beworteling voldoende water en voedingsstoffen kunnen opnemen, behoeft een ondiepe bewortelingsmogelijkheid geen beperking van de opbrengst in te houden. In verband met de groei beheersing van tuinbouwgewassen in kassen kan een ondiepe beworteling zelfs voordelen hebben (Van Koot, pers. meded.). Het bewortelingsonderzoek is echter wel een waardevol hulpmiddel bij het bodemgeschiktheidsonderzoek, vooral bij het onderzoek naar de bodemkundige factoren die de geschiktheid van een grond voor een gewas beperken.

Met het onderzoek naar de invloed van de bodemkundige factoren op de opbrengst hangt samen het onderzoek naar de eisen die de verschillende tuinbouwgewassen aan de bodem stellen. Voor de beoordeling van de bodemgeschiktheid zijn vooral de eisen die de gewassen stellen aan de lucht-, water- en warmtehuishouding (fysische vruchtbaarheid) van de grond van groot belang. Deze is namelijk meestal veel minder gemakkelijk in gunstige zin te wijzigen dan de voedingstoestand (chemische vruchtbaarheid) van een grond. Het pF-onderzoek, geïntroduceerd door Scofield in 1935, heeft de karakterisering van de fysische vruchtbaarheid sterk verbeterd. Met name voor de karakterisering van de structuur wordt vaak het luchtgehalte bij een pF van 2,0 gebruikt (Boekel, 1963).

In de fruitteelt heeft Butijn (1961) veel studie gemaakt van de invloed van de fysische eigenschappen van de grond op het gewas in verband met het aangeven van de meest gewenste bodembehandeling op de verschillende gronden.

In de tuinbouw, vooral in de intensieve tuinbouw, zijn zoals reeds uiteengezet, de mogelijkheden groot voor grondverbetering en verbetering van de waterhuishouding en voor aanpassing van de teelttechniek aan de bodemkundige eigenschappen. De mogelijkheden zijn des te groter naarmate de teelten sterker aan een centrum gebonden zijn. De betekenis van dergelijke centra neemt door de plaatsvindende veilingconcentraties nog steeds aan belangrijkheid toe.

Om aan te geven welke aanpassingsmogelijkheden er voor een bepaalde grond zijn, is kennis van de bodemkundige eigenschappen van de grond en de betekenis van deze eigenschappen voor een gewas, voor een bedrijfstype van groot belang. Kan men de beperkingen van een grond voor een gewas of bedrijfstype aangeven en de wijze waarop deze beperkingen kunnen worden verminderd of opgeheven, dan kan met een economische analyse nagegaan worden of deze grond mogelijkheden biedt voor het betreffende gewas of bedrijfstype. Bij het bodemgesteldheidsonderzoek in de tuinbouw ligt het accent daarom op het verklarende bodemgeschiktheidsonderzoek.

In de volgende hoofdstukken zal het bodemgeschiktheidsonderzoek dat uitgevoerd is bij de gewassen asperge, appel en stooktomaten nader behandeld worden.

4 Bodemgeschiktheidsonderzoek bij asperges

4.1 Inleiding

In Nederland is Limburg het belangrijkste teeltgebied voor asperges. Van de totale oppervlakte van 3260 ha lag in 1970 79% in deze provincie. Van het overige areaal lag 20% in Noord-Brabant. De totale jaarlijkse geldelijke opbrengst bedraagt ongeveer 25000000 gulden.

De asperge is een meerjarig gewas. De jonge planten worden in maart op het produktieveld geplant, in het algemeen drie planten per strekkende meter met een rijenafstand van 160 cm. De eerste oogst vindt plaats twee jaar na het planten. Er wordt dagelijks geoogst vanaf eind april, begin mei. Om de jonge planten niet te veel uit te putten, wordt in het eerste seizoen tot eind mei, begin juni doorgegaan met de oogst. In de volgende jaren wordt geoogst van eind april tot omstreeks 21 juni, de langste dag. Daarna laat men de plant voldoende reservevoedsel vormen voor het komende jaar. Het aantal produktieve jaren van een plant is onder meer afhankelijk van het ras, de kwaliteit van de grond en van de eisen die de teler aan de opbrengst stelt. Het kan variëren van 5 tot 12 jaar.

Veel gronden zijn voor de teelt van 'witte' asperges minder aantrekkelijk. Om witte stengels te kunnen oogsten, wordt omstreeks eind april, wanneer de eerste toppen boven de grond komen, op de plantenrijen ongeveer 20 cm grond geploegd. Aldus ontstaan de voor de aspergeteelt zo karakteristieke bedden. Bij het oogsten moet de grond gemakkelijk met de hand verwijderd kunnen worden. Dit houdt in dat alleen lutumarme gronden voor de teelt van witte asperges in aanmerking komen. In de lutumarme gronden is bovendien de kans op krom groeien van de stengels minder groot.

Om meer inzicht te krijgen in de geschiktheid van de verschillende gronden voor de witte aspergeteelt is in Limburg een proefplekkenonderzoek gedaan. Aanleiding was de vervaardiging van een globale bodemgeschiktheids- en bodemgebruikskaart voor de teelt van witte asperges in Limburg, schaal 1:100000, die gelijktijdig met de globale bodemgeschiktheids- en tuinbouww kaart van Limburg, schaal 1:100000, is verschenen (Van Dam & Hulshof, 1960).

De vervaardiging van de bodemgeschiktheidskaart berustte op inventarisatie van plaatselijke ervaringskennis van de mogelijkheden van de verschillende gronden voor de aspergeteelt (Van Dam & Hulshof, 1961). De eisen die de asperge aan de grond stelt, had Versleijen (1954) als volgt omschreven: 'De grond moet voldoende hoog boven het grondwater liggen, goed doorlatend zijn en niet te veel leem of grove kiezel

bevatten. Gronden met een vaste laag op geringe diepte zijn absoluut ongeschikt'. Dergelijke eisen komt men ook in de buitenlandse literatuur tegen (Hahn & Zell, 1964; Van Nerum & Palasthy 1966; Anstett, 1969). Wateroverlast wordt algemeen als zeer schadelijk voor de asperge beschouwd. Volgens Versleijen zouden in Limburg vele zogenaamde veldgronden (plaatselijke benaming voor enkeerdgronden) aan deze eisen voldoen. Ook hoge en lichte zandgronden zijn volgens hem nog te gebruiken. Men moet echter, zo merkt hij op, bepaald niet de armste grond voor de asperges opzoeken. Voor humushoudende zandgrond met 34% humus of voor zandgronden met wat leem is de asperge zeer dankbaar. Tijdens de vervaardiging van de geschiktheidskaart bleken echter nog veel leemten in de kennis van de bodemkundige mogelijkheden te bestaan en ontstond de behoefte aan meer kwantitatieve gegevens. In overleg met de rijks tuinbouwconsulent, Ir. S. A. H. M. van de Geijn, is daarom besloten proefplekkenonderzoek te doen.

Met het onderzoek werd gestart in 1961. Dit was een gunstig moment omdat in 1960 voor het eerst een groot aantal velden in Limburg beplant was met het ras Limburgia van de proeftuin te Venlo, een kruising van Mary Washington \times Roem van Brunswijk selectie Beeren (Franken et al., 1968). Door uit te gaan van deze velden, had men het voordeel van een gelijk ras en gelijke leeftijd van het gewas op de verschillende proefplekken. Voorheen werden op de velden tuindersselecties uit de Roem van Brunswijk geplant; die waren veel heterogener in samenstelling.

De asperge is een matig intensief tuinbouwgewas. De produktiekosten bedragen ongeveer f7600 per ha. Het is een meerjarig gewas, waardoor voor het gewas nadelige invloeden zich in de loop der jaren accumuleren. Hierdoor worden zij gemakkelijker herkend dan bij éénjarige teelten.

Er is reeds opgemerkt, dat de teelt in verband met de oogstwijze beperkt is tot de zandgronden. De rassenkeuze en gewasbehandeling worden (nog) niet beïnvloed door de bodemgesteldheid. Beregening en ontwatering worden niet of nauwelijks toegepast. Met andere woorden, de teelt wordt op alle gronden op dezelfde wijze bedreven. Men kan dan ook verwachten dat de grond een belangrijke invloed op de opbrengst zal hebben.

4.2 Verslag van onderzoek

In 1961 zijn in Limburg alle aspergepercelen, in totaal 64, gekarteerd, waarvan bekend was dat in 1960 de kruising Limburgia was geplant. Het bleek dat 31 percelen geschikt waren om er een proefplek van 2,5 are op aan te leggen. Zij waren bodemkundig voldoende homogeen en het aspergegewas werd goed verzorgd. Deze percelen liggen verspreid over Noord- en Midden-Limburg en omvatten de belangrijkste bodemeenheden waarop asperges worden geteeld (Van Dam & Hulshof, 1964). De goede verzorging hield onder meer in dat de telers regelmatig grondonderzoek lieten verrichten met het oog op de bemesting. De bemesting als eventuele oorzaak van verschillen in opbrengst is daarom bij het onderzoek buiten beschouwing gelaten.

4.2.1 Aard van de gronden

De gronden, waarop de proefplekken (2,5 are) lagen zijn vermeld in tabel 3. De enkeerdgronden zijn de zandgronden rond de dorpen, die al eeuwenlang in gebruik zijn als bouwland. Door gebruik van mest uit de potstallen zijn zij geleidelijk opgehoogd. Zij hebben daardoor een dik humeus dek gekregen, dat kan variëren van 50 cm tot meer dan een meter (Domhof, 1953; Pape, 1970). De enkeerdgronden zijn door ons onderverdeeld in hoge en middelhoge enkeerdgronden. Tot de hoge enkeerdgronden hebben wij gerekend de gronden die altijd diepe grondwaterstanden hebben. De enkeerdgronden zijn middelhoog genoemd, wanneer in natte winters en voorjaren het grondwater tot binnen 80 cm beneden maaiveld stijgt (zie 4.2.2).

Tabel 3. Gronden van de aspergeproefplekken ingedeeld volgens het Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland met gegevens over humusgehalte, textuur en grondwaterhuishouding.

*Hoge enkeerdgronden*¹, 2,0–3,5 % humus en 15–25 % leem² in de A-horizont, diepe grondwaterstanden / *High 'enk' earth soils*¹, 2.0–3.5 % humus and 15–25 % particles < 50 µm in the A horizon, deep watertables.

*Middelhoge enkeerdgronden*¹, 3,0–4,0 % humus en 15–25 % leem in de A-horizont, in natte winters en voorjaren grondwaterstanden soms in het bewortelbare gedeelte van het profiel / *Medium high 'enk' earth soils*¹, 3.0–4.0 % humus and 15–25 % particles < 50 µm in the A horizon, in wet winters and springs watertables sometimes in the rootzone.

Vorstvaaggronden, ontstaan in stuifzand, 1,0–2,0 % humus en 7–20 % leem in de A-horizont, diepe grondwaterstanden / *'Vorst' vague soils* in inland dunes 1.0–2.0 % humus and 7–20 % particles < 50 µm in the A horizon, deep watertables.

Veldpodzolgronden, 2,5–5,0 % humus en 8–20 % leem in de A-horizont, in natte winters en voorjaren grondwaterstanden soms in het bewortelbare gedeelte van het profiel / *'Veld' podzol soils*, 2.5–5.0 % humus and 8–20 % particles < 50 µm in the A horizon, in wet winters and springs watertables sometimes in the rootzone.

Moderpodzol- en vorstvaaggronden, gevormd in oud rivierzand, 1,5–2,5 % humus en 17–22 % leem in de A-horizont. Deze gronden bevatten bovendien 2–6 % lutum en hebben een grovere zandfractie (M50³ > 150 µm). Diepe grondwaterstanden / *Moder podzol and 'vorst' vague soils* in old riverland, 1.5–2.5 % humus and 17–22 % particles < 50 µm in the A horizon. These soils have a clay content of 2–6 % and a M50³ > 150 µm. Deep watertables.

1. De indeling in hoog en middelhoog, die in het Systeem van bodemclassificatie niet voorkomt, is hier gemaakt in verband met verschillen in bodemgeschiktheid / Classification high and medium high is not given in the System of Soil Classification for the Netherlands, but has been made here in view of differences in soil suitability.

2. Leem is de minerale fractie < 50 µm.

3. M50 is de mediaan van de minerale fractie groter dan 50 µm / M50 is the median particle size of the soil fraction larger than 50 µm.

Table 3. Soil units of the asparagus trial plots classified by the System of Soil Classification for the Netherlands with data on humuscontent, texture and watertable.

De vorstvaaggronden zijn leemhoudende humusarme stuifzandgronden, die in een brede gordel langs de Maas liggen, vooral aan de westzijde. Voor de ingebruikneming door de asperges heeft er meestal bos op gestaan.

De vorstvaag- en moderpodzolgronden in oud rivierzand behoren tot in de laatste ijstijd afgezette rivierafzettingen. Voorheen werden zij wel zeer lichte bruine rivierterrasgronden of rivierleemgronden genoemd (Van den Broek, 1966). Ze zijn veelal reeds lang als bouw- of weiland in gebruik.

De veldpodzolgronden zijn leemhoudende dekzandgronden met een donkere, humeuze, relatief dunne bouwvoor. Veel van deze gronden, die ook wel ontginningsgronden worden genoemd, zijn deze eeuw ontgonnen tot bouw- en weiland.

4.2.2 Grondwaterhuishouding

De hoge enkeerdgronden, de vorstvaaggronden in stuifzand en de vorstvaag- en moderpodzolgronden in oud rivierzand, waarop de proefplekken lagen, hebben diepe grondwaterstanden. Zelfs in zeer natte winters blijft het grondwater 80 cm beneden het maaiveld. Op de proefplekken op de veldpodzolgronden en middelhoge enkeerdgronden kan het grondwater soms hoog stijgen. Dit blijkt uit de periodieke grondwaterstandsopname die gedurende vier winterhalfjaren zijn verricht. In tabel 4 wordt de kwalificatie gegeven van de hoeveelheid neerslag in de zomers en de winters vanaf het planten van de asperges. In tabel 5 is aangegeven op welke proefplekken en in welk jaar het grondwater binnen 80, resp. 40 cm beneden maaiveld is gemeten. In de zeer natte winters steeg in alle middelhoge enkeerdgronden en vrijwel alle veldpodzolgronden het grondwater tot 80 cm beneden maaiveld of hoger, op een aantal zelfs tot 40 cm of hoger. Proefplek 1 kwam zelfs periodiek onder water te staan. Dat het grondwater op de proefplekken 46 en 47 niet zo hoog steeg, kwam doordat de percelen aan diepe afwateringskanalen grensden.

Tabel 4. Kwalificatie van de neerslag in de winter en de zomer tijdens het onderzoek bij asperges, volgens het KNMI.

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Winter ¹	zeer nat very wet	zeer nat very wet	droog dry	zeer droog very dry	nat wet	zeer nat very wet	zeer nat very wet	zeer nat very wet
Zomer/Summer ²	nat wet	droog dry	nat wet	normaal normal	zeer nat very wet	zeer nat very wet	droog dry	zeer nat very wet

1. Januari en februari en december van het voorafgaande jaar / January and February and December of the preceding year.

2. Juni, juli en augustus / June, July and August.

Table 4. Categories of precipitation in winter and summer as used by the Royal Netherlands Meteorological Institute during the years studied.

Tabel 5. De hoogste grondwaterstanden tijdens het winterhalfjaar op de asperge-proefplekken op veldpodzolgronden en middelhoge enkeerdgronden.

Proefplek nr./Trial plot no.	1962/63	1963/64	1964/65	1965/66	1966/67
<i>Veldpodzolgronden / 'Veld' podzol soils</i>					
1	.	.	.	x	x
2	.	.	.	x	x
5	.	.	.	x	x
12
46
47
58	.	.	.	x	o
<i>Middelhoge enkeerdgronden / Medium high 'enk' earth soils</i>					
4	.	.	.	x	o
7	.	.	.	x	o
27	.	.	.	x	x
28	.	.	.	o	?
31	.	.	.	o	?

.: > 80 cm beneden maaiveld / > 80 cm below surface

o: 40-80 cm beneden maaiveld / 40-80 cm below surface

x: < 40 cm beneden maaiveld / < 40 cm below surface

Table 5. The highest watertables measured in the winter half-year on asparagus trial plots on 'veld' podzol soils and medium high 'enk' earth soils.

Hoge grondwaterstanden zijn ook gemeten in de tweede helft van april en begin mei van het jaar 1966. In de zomermaanden is de grondwaterstand minder hoog.

4.2.3 Gewichtsopbrengst

In figuur 4 zijn de gemiddelde gewichtsopbrengsten per bodemeenheid van zes oogstjaren weergegeven. Het eerste oogstjaar, 1962, is buiten beschouwing gelaten, omdat toen korter geoogst is dan in de latere jaren. Uit deze figuur zien wij dat de hoogste opbrengsten zijn behaald op de hoge enkeerdgronden, gevolgd door de lemige vorstvaaggronden in stuifzand. Slechte opbrengsten zijn behaald op de vorstvaag- en moderpodzolgronden in oud rivierzand. Op de leemarme vorstvaaggronden in stuifzand en op de veldpodzolgronden zien wij na enige jaren een sterke teruggang in opbrengst.

De asperges op de middelhoge enkeerdgronden hebben zich ten gevolge van de hoge grondwaterstanden in de natte winters 1960/1961 en 1961/1962 de eerste jaren minder goed ontwikkeld. Door de daaropvolgende twee droge winters en vooral de droge zomer van 1964 hebben de aspergeplanten zich goed hersteld. Dit weerspiegelt zich in een stijging van de opbrengsten.

Fig. 4. Gemiddelde opbrengsten (kg/ha) van asperges in de jaren 1963-1967 op de verschillende bodemeenheden (1 = hoge enkeerdgronden, 2 = middelhoge enkeerdgronden, 3 = lemige vorstvaaggronden in stuifzand, 4 = leemarme vorstvaaggronden in stuifzand, 5 = veldpodzolgronden, 6 = moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand).

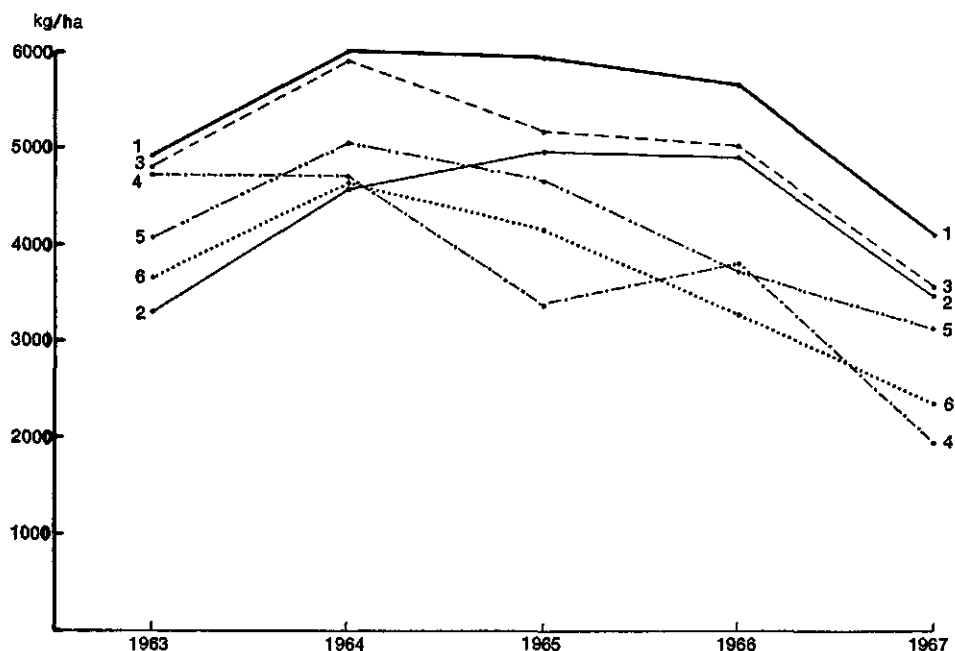


Fig. 4. Average yields (kg/ha) of asparagus in the years 1963-1967 gathered from different soil units (1 = high 'enk' earth soils, 2 = medium high 'enk' earth soils, 3 = loamy 'vorst' vague soils in inland dunes, 4 = poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes, 5 = 'veld' podzol soils, 6 = moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old river sand).

In de winter van 1965/1966, in april/begin mei 1966 en in de winter van 1966/1967 zijn de grondwaterstanden weer hoog geweest, maar dat is niet in de opbrengst tot uiting gekomen. Blijkbaar is een wat oudere aanplant minder gevoelig voor hoge grondwaterstanden in de winter en het voorjaar. In dit verband moet worden opgemerkt dat op de velden die geoogst worden, de waterbehoefte van het gewas vrijwel nihil is tot het einde van de oogst. Uit periodieke waarnemingen bleek verder dat op de aspergevelden die geoogst worden de ontwikkeling van jonge zijwortels ongeveer een maand later begint dan op de jonge aspergevelden die nog niet geoogst worden. Dit kan mede een verklaring zijn voor het verschil in gevoeligheid voor hoge grondwaterstanden in het voorjaar.

Uit waarnemingen op velden buiten het onderzoek bleek dat grondwaterstijging tot het maaiveld na de oogst, wanneer dus het bovengrondse gewas zich ontwikkeld heeft, ernstige schade tot gevolg kan hebben. Zo stierven op een lage plek van een van de proefpercelen (echter buiten de proefplek) alle planten af, doordat in augustus 1962

Fig. 5. Opbrengsten (kg/ha) van asperges in de jaren 1963–1968 (— = gem. opbrengst per bodemeenhed; voor verklaring van de nummers zie Fig. 4).

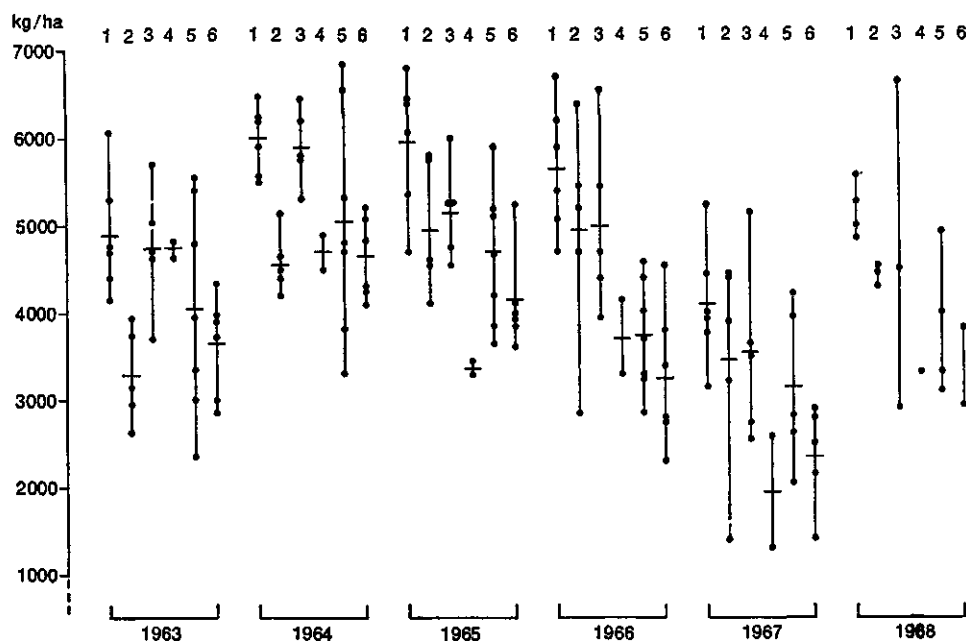


Fig. 5. Yields (kg/ha) of asparagus in the years 1963–1968 (— = average yield per soil unit; for key to the numerals, see Fig. 4).

tijdens een regenperiode het grondwater gedurende enige dagen tot het maaiveld stond.

De hoogste opbrengst op de proefplekken is behaald in 1964, het derde oogstjaar. De oorzaak van de lage opbrengsten van 1967 moet voornamelijk worden gezocht in de slechte weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen dat op de oogst van 1966 volgde. De planten hebben zich toen minder goed ontwikkeld, wat duidelijk blijkt uit de standcijfers in september 1966 (zie 4.2.7). Men mag verwachten dat daardoor minder reservevoedsel is opgeslagen in de wortelstok en wortels.

In figuur 5, waarin de opbrengsten van de afzonderlijke proefplekken zijn weergegeven, zien we dat de opbrengsten in 1968 weer gestegen zijn. Van dat jaar zijn niet de gemiddelden per bodemeenhed bepaald, omdat slechts van 18 proefplekken de opbrengsten bekend zijn. De sterke daling op de leemarme vorstvaaggronden en in mindere mate van de lemige vorstvaaggronden in stuifzand in 1965 moet vermoedelijk worden toegeschreven aan vochttekort van de planten in de betrekkelijk droge zomer van 1964.

Figuur 5 toont per bodemeenhed een vrij grote spreiding in opbrengsten. Deze spreiding is vooral een gevolg van de variatie in bodemgesteldheid binnen de bodemeenheden. Grote verschillen in opbrengsten ten gevolge van verschillen in verzorging

van het gewas liggen niet voor de hand, daar het niveau van de verzorging boven het gemiddelde lag. De spreiding van de opbrengsten is vooral groot bij de veldpodzolgronden. Bij deze eenheid is ook de variatie in bodemgesteldheid groot; zowel jonge schrale leemarme tot zwak lemige ontginningsgronden als oudere sterk lemige ontginningsgronden behoren ertoe, voorts ook veldpodzolgronden die als laagten liggen in een gebied met vorstvaaggronden in rijker dekzand.

Bij de middelhoge enkeerdgronden is er één proefplek die opvalt door lage opbrengsten vooral in 1966/1967. In 1968 is van deze proefplek de opbrengst niet bepaald. Deze lage opbrengsten kunnen worden toegeschreven aan de bodemgesteldheid. De proefplek ligt namelijk op een sterk lemige enkeerdgrond met een humusgehalte van ongeveer 5%. Het leemgehalte in de bovengrond is 25% en neemt naar beneden tot 35% toe. Het humeuze dek is ongeveer 90 cm. Op 130 cm komt een laag voor met een leemgehalte van 50%, waar gemakkelijk water op blijft staan. Deze grond blijft in het voorjaar lang vochtig en koud, wat de opbrengst ongunstig beïnvloed. Deze grond is overigens wel zeer geschikt voor de teelt van verschillende andere gewassen.

4.2.4 *Kwaliteit van de geoogste asperges*

De asperges worden op de veiling aangevoerd met een stengellengte van maximaal 22 cm. De kwaliteit wordt bepaald door dikte en vorm van de stengel, vastheid van de kop, kleur en zogenaamde roestaantasting. Voor de kwaliteit Extra moeten de stengels recht zijn; enkele licht gebogen exemplaren mogen voorkomen. Zij moeten onbeschadigd, schoon, gewassen, vers, normaal gegroeid, niet hol, wit tot lichtroze gevlamd, zonder losse of beschadigde koppen, niet geschild en recht afgesneden zijn. Een zeer lichte roestaantasting is toegestaan.

Te laat geoogste asperges hebben een zogenaamde blauwe kop; dit is een gevolg van de inwerking van het zonlicht op de uit het bed gegroeide stengeltop. Deze asperges vallen in een lagere kwaliteitsklasse. Roestaantasting is de praktijknaam voor de bruine vlekken op de geoogste stengels. In ernstige gevallen kan een groot deel van de stengel bruin gekleurd zijn. Deze aantasting komt vooral bij koud weer voor gedurende de eerste weken van de oogst. Wordt het warmer, waardoor de stengels sneller gaan groeien, dan ziet men de roestaantasting snel afnemen. De stengels worden zowel op dikte als op kwaliteit in vijf klassen gesorteerd. Door combinatie van beide worden in totaal 16 kwaliteiten onderscheiden.

Ten behoeve van het onderzoek is wekelijks de oogst van twee opeenvolgende dagen volgens de veilingvoorschriften gesorteerd. Daarnaast zijn de stengels naar het voorkomen van roest ingedeeld in vier klassen. Hetzelfde is gedaan naar de vorm. Deze kwaliteitssortering en de gegevens van de jaarlijks op de veiling Grubbenvorst behaalde middenprijzen van de verschillende kwaliteiten, maakten het mogelijk de gemiddelde kg-prijs van de oogst van de verschillende proefplekken te berekenen. De gemiddelde kg-prijs is een goede waardemeter voor de kwaliteit. In figuur 6 zijn de relatieve kg-prijs, het relatieve gewichtspercentage kwaliteit Extra, de diktesortering als

Fig. 6. Gemiddelde prijs van asperges per kg, gemiddeld gewicht van kwaliteit Extra, gemiddeld gewicht van AA-stengels en gemiddeld stengelgewicht van asperges in de jaren 1963-1966, alles per bodemeenheid en in procenten van het gemiddelde van alle bodemeenheden (voor verklaring van de nummers, zie Fig. 4).

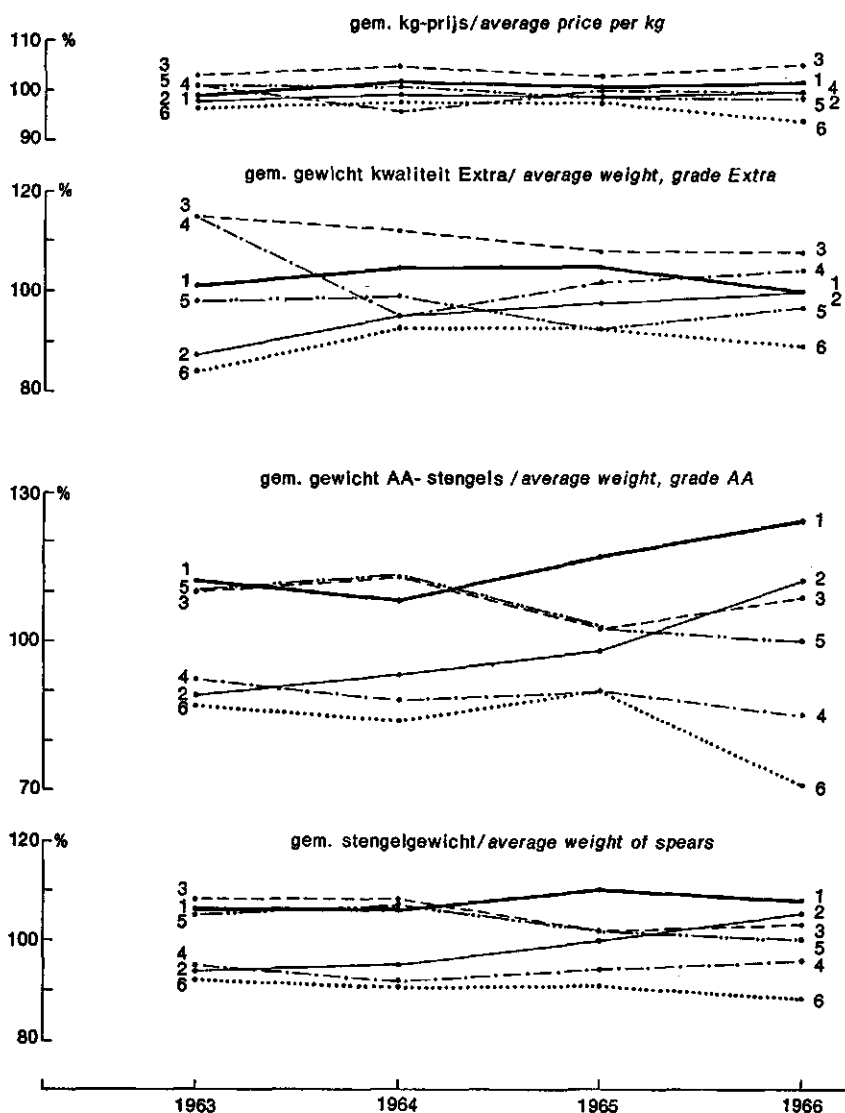


Fig. 6. Average annual price per kg, average weight of Extra grade, average weight of size-grade AA and average weight of asparagus spears in the years 1963-1966, expressed as percentage of the average of all soil units studied (for key of the numerals, see Fig. 4).

relatieve gewichtspercentage AA-stengels (stengels met een doorsnede groter dan 2 cm) en het relatieve gemiddeld stengelgewicht van de verschillende bodemeenheden weergegeven. Deze relatieve waarden zijn gebruikt om vergelijking tussen de verschillende oogstjaren mogelijk te maken. Voor de berekening van deze waarden is van bovengenoemde grootheden eerst per oogstjaar het gemiddelde per bodemeenheid berekend (\bar{x}). Daarna is het gemiddelde van alle bodemeenheden berekend $\sum(\bar{x}/6)$. Vervolgens zijn de gemiddelden per bodemeenheid uitgedrukt in procenten van het gemiddelde van alle bodemeenheden $\bar{x}/\sum(\bar{x}/6) \times 100$. Het blijkt dat de hoogste relatieve kg-prijs en het hoogste relatieve gewichtspercentage kwaliteit Extra ieder jaar werden behaald op de lemige vorstvaaggronden in stuifzand, en de laagste bijna altijd op de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand. De hoge enkeerdgronden, die de hoogste absolute opbrengsten in kg hebben gegeven, staan wat de kwaliteit betreft, op de tweede plaats. Opvallend is de overeenkomst tussen het verloop van de lijnen van de kg-prijs en van de kwaliteit Extra. Dit komt ook tot uiting in de nauwe correlatie tussen de relatieve waarden van de kg-prijs en het percentage kwaliteit Extra per bodemeenheid van de vier oogstjaren ($r=0,81$, $n=24$).

Wat de diktesortering betreft, zijn de hoge enkeerdgronden het gunstigst. De leemarme vorstvaaggronden in stuifzand en de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand hebben in de eerste oogstjaren gemiddeld de dunste stengels gegeven. De diktesortering van de middelhoge enkeerdgronden is in de loop der jaren steeds gunstiger geworden. Het tegendeel is het geval met de asperges van de veldpodzolgronden en van de lemige vorstvaaggronden in stuifzand. Hoewel het verband tussen de relatieve gemiddelde kg-prijs en het relatieve gemiddelde percentage AA-sortering niet zo duidelijk is als tussen de relatieve gemiddelde gewichtsofbrengst en de relatieve gemiddelde kwaliteit Extra ($r=0,72$; $n=24$), is het nog zeer betrouwbaar. Tussen het gemiddelde stengelgewicht en het gemiddelde percentage AA-sortering bestaat, zoals te verwachten is, een nauwe correlatie ($r=0,97$; $n=24$), wat ook bij vergelijking van het verloop van de lijnen zeer duidelijk te zien is.

Het percentage kwaliteit Extra hangt, afgezien van de dikte van de stengels, verder vooral af van het percentage rechte stengels en het percentage stengels zonder roest. Deze zijn per bodemeenheid en per oogstjaar in figuur 7 weergegeven.

Het percentage rechte stengels is het grootst bij de lemige vorstvaaggronden in stuifzand. Deze gronden bevatten geen of zeer weinig lutum, waardoor de bedden tijdens de oogst niet of vrijwel niet hard worden. Dit in tegenstelling tot de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand, die naast leem ook nog lutum bevatten.

Wat de roestaantasting betreft, zijn de vorstvaaggronden in stuifzand en de hoge enkeerdgronden het gunstigst. De nattere gronden (de middelhoge enkeerdgronden en de veldpodzolgronden) hebben de laagste percentages zonder roest. Wanneer wij de correlatie berekenen tussen de relatieve waarden van de percentages kwaliteit Extra enerzijds en de relatieve waarden van de percentages zonder roest resp. percentages rechte stengels anderzijds, dan blijkt er een goed verband te bestaan ($r=0,85$, resp. $0,97$ bij $n=24$). Er blijkt voorts een nauw verband te bestaan tussen de relatieve

Fig. 7. Gemiddeld percentage rechte aspergestengels en gemiddeld percentage stengels zonder roest in de jaren 1963-1966, alles per bodemeenheid en in procenten van het gemiddelde van alle bodemeenheden (voor verklaring van de nummers, zie Fig. 4).

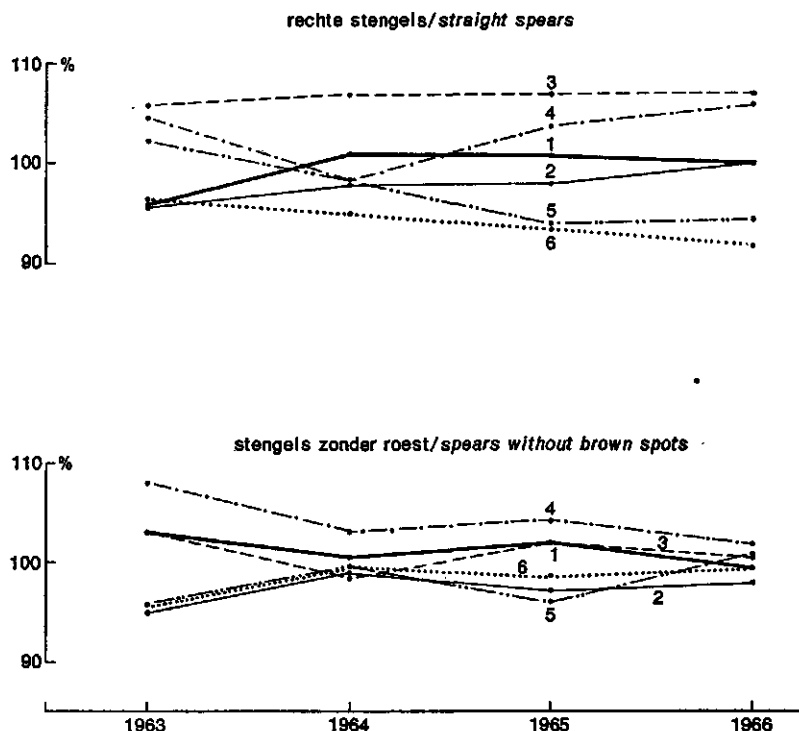


Fig. 7. Average percentage straight spears and average percentage spears without brown spots in the years 1963-1966, expressed as percentage of the average of all soil units (for key of the numerals, see Fig. 4).

waarden van de opbrengst en het percentage AA-stengels ($r=0,83$, $n=24$) en tussen de relatieve waarden van de opbrengst en het percentage kwaliteit Extra ($r=0,63$; $n=24$). Dit betekent dat bij lagere opbrengsten ook dunnere stengels van geringere kwaliteit worden geoogst. Dit is in overeenstemming met de praktijkervaring.

De geldelijke opbrengst van slechte aspergevelden wordt zowel door de lagere opbrengsten als door de lagere prijs ongunstig beïnvloed. Voorts nemen de oogstkosten per kg toe, omdat voor slechtere velden hoger akkoordloon wordt gevraagd.

In dit onderzoek is het voorkómen van blauwe koppen niet in de kwaliteitsbeoordeling betrokken, omdat dit een gevolg is van te laat oogsten. Uit de praktijk is echter wel bekend, dat de kans hierop bij de vorstvaaggronden in stuifzand het grootst is.

Samenvattend kunnen we stellen, dat de hoogste kg-prijzen betaald worden voor de asperges, afkomstig van lemige vorstvaaggronden in stuifzand en van hoge enkeerd-

gronden. Van de eerstgenoemde gronden wordt gemiddeld het hoogste percentage kwaliteit Extra geoogst, van de hoge enkeerdgronden het hoogste percentage dikke stengels. Van de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand worden gemiddeld de dunste aspergestengels en de slechtste kwaliteit asperges geoogst. De asperges van middelhoge enkeerdgronden, van leemarme vorstvaaggronden in stuifzand en van veldpodzolgronden ontlopen elkaar niet veel in gemiddelde prijs per kg. Van deze drie bodemeenheden geven de leemarme vorstvaaggronden in stuifzand de asperges met het hoogste gemiddelde percentage kwaliteit Extra, maar met het laagste gemiddelde stengelgewicht.

4.2.5 Geldelijke opbrengst

Door vermenigvuldiging van de gewichtsofbrengst met de berekende kg-prijs is de bruto geldelijke opbrengst per proefplek verkregen. De geldelijke opbrengst is berekend over de jaren, waarin de kwaliteit van de geoogste asperges is beoordeeld. In figuur 8 zijn de gemiddelde geldelijke opbrengsten per bodemeenheid weergegeven. Daar de prijzen per kg veel minder verschillen dan de opbrengsten, vertoont deze figuur wat de rangorde der bodemeenheden betreft veel overeenkomst met figuur 4 waarin de gemiddelde opbrengsten per bodemeenheid zijn weergegeven. Gemiddeld over de vier beschouwde oogstjaren was de hoogste geldelijke opbrengst op de hoge

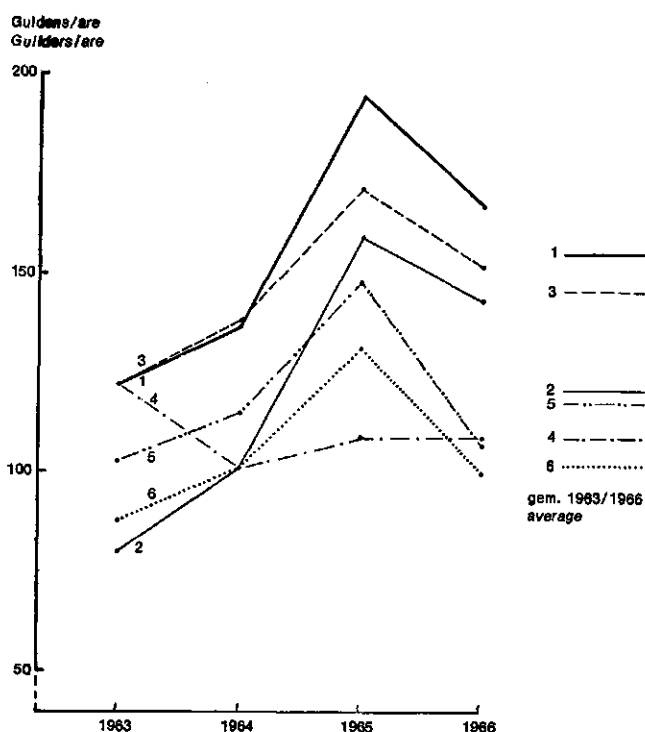


Fig. 8. Gemiddelde opbrengsten van asperges (guldens per are) in de jaren 1963-1966 (voor verklaring van de nummers, zie Fig. 4).

Fig. 8. Average yields (guldens/are) of different soil units in the years 1963-1966 (for key of the numerals, see Fig. 4).

enkeerdgronden anderhalf maal zo hoog als op de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand. In geld uitgedrukt, hebben de asperges op de eerstgenoemde bodemeenheid in vier oogstjaren f 620 per are opgebracht, terwijl de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand slechts f 410 per are hebben gegeven.

4.2.6 Vroegheid van de oogst

De begindatum van de oogst kan van jaar tot jaar sterk uiteenlopen. Dit geldt ook voor de gewichtsopbrengst in de eerste helft van de oogstperiode (bijvoorbeeld tot en met 30 mei), uitgedrukt in procenten van de totale gewichtsopbrengst. Beide waarden kan men als parameters voor de vroegheid van de oogst beschouwen. Keuls & Post (1956) hebben een duidelijke relatie tussen de luchttemperatuur, resp. grondtemperatuur in de aspergebedden en de groei van de asperge, resp. het oogstpatroon gevonden. Voor de vroegheid van de oogst is daarom de temperatuur in de tweede helft van april en in de maand mei van groot belang. Zo blijkt er een duidelijke relatie te bestaan tussen de luchttemperatuur, resp. de grondtemperatuur op 20 cm, in de derde decade van april en de gemiddelde begindatum van de oogst in de verschillende onderzoeksjaren op de proefplekken, gelegen op hoge enkeerdgronden (tabel 6). Naast de temperatuur is soms ook de regenval belangrijk voor de vroegheid. Als men bedden met een goede bodemstructuur wil hebben, mag de grond tijdens het klaarmaken van de bedden niet te nat zijn. In 1965 toen er eind april/begin mei veel regen is gevallen, was het op een aantal percelen eerst omstreeks 10 mei mogelijk bedden te maken. Het is duidelijk, dat dit de vroegheid van de oogst en ook de totale opbrengst nadelig beïnvloedt. Tij-

Tabel 6. Invloed van luchttemperatuur, neerslag en grondtemperatuur (geregistreerd in De Bilt) op de begindatum van de aspergeoogst op hoge enkeerdgronden.

Jaar Year	Begin oogst (dagen na 25 april) Start of harvest (days after 25 April)	Gem. luchttemp. Av. airtemp. (°C)			Neerslag Precipitation (mm)		Grondtemp. op 20 cm te 14.00 uur Soil temp., 20 cm below surface at 14.00h		
		april	mei	3e decade april	april	mei	21 april	26 april	gem. av.
1963	4,5	9,0	11,0	10,4	47	69	11,5	10,3	10,9
1964	5,5	8,7	14,3	9,9	51	48	11,3	10,5	10,9
1965	11,2	7,7	11,9	7,8	108	109	8,4	8,6	8,5
1966	6,7	8,4	12,9	10,7	73	35	8,1	11,3	9,7
1967	14,2	7,4	12,7	7,3	50	52	8,8	8,3	8,6
1931-1960		8,5	12,4		49	52			

Table 6. Influence of air temperature, precipitation and soil temperature (recorded at De Bilt) at the beginning of the asparagus harvest on high 'enk' earth soils.

Tabel 7. Het gemiddelde aantal dagen tussen 25 april en het begin van de asperge-oogst op de verschillende bodemeenheden.

	1963	1964	1965	1966	1967
Hoge enkeerdgronden					
High 'enk' earth soils	4,5	5,5	11,2	6,7	14,2
Middelhoge enkeerdgronden					
Medium high 'enk' earth soils	7,8	8,4	14,6	11,0	15,6
Lemige vorstvaaggronden in stuifzand					
Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	4,6	7,2	14,4	6,2	14,0
Veldpodzolgronden					
'Veld' podzol soils	4,1	6,7	12,6	15,3 ¹	14,4
Moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand					
Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand	4,2	5,3	16,5	7,5	14,0

1. Op drie percelen konden de bedden pas na half mei worden opgeploegd ten gevolge van zeer hoge grondwaterstanden / On three fields the beds could not be prepared before mid-May because of very high watertables

Table 7. Average number of days between 25 April and beginning of asparagus harvest on different soil units.

dens het onderzoek bleek verder dat de vroegheid van de oogst op de verschillende bodemeenheden in bepaalde jaren soms sterk uiteenloopt. Uit waarnemingen in aspergegebieden gedaan, bleek dat deze verschillen vooral toegeschreven moeten worden aan verschillen in grondtemperatuur, veroorzaakt door verschillen in bodemgesteldheid. In tabel 7 is het begin van de oogst weergegeven voor de verschillende bodemeenheden; het is uitgedrukt in het gemiddelde aantal dagen na 25 april. Opgemerkt wordt, dat de wijze van klaarmaken van bedden (in één keer of in meer keren opploegen) en het tijdstip waarop wordt opgeploegd ook het begin van de oogst beïnvloedt. Grote verschillen in de begindatum van de oogst moeten echter aan bodemkundige omstandigheden worden toegeschreven.

Het valt op dat de middelhoge enkeerdgronden ieder jaar laat zijn. Het zijn in het voorjaar vochtige gronden, waarin de temperatuur minder vlug stijgt dan in de overige gronden.

De overige gronden ontlopen elkaar niet veel in aanvangsdatum van de oogst. Alleen in 1966 waren de veldpodzolgronden gemiddeld veel later. In dat jaar konden op drie van de zeven percelen de bedden eerst na half mei worden opgeploegd. Dit was een gevolg van hoge grondwaterstanden tijdens ruilverkavelingswerkzaamheden.

De moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand waren in 1965 zeer laat ten opzichte van de andere gronden. Dit jaar kenmerkte zich door grote regenval in de maanden april en mei (zie tabel 6).

In figuur 9 is voor het jaar 1966 het verloop van de oogst tot eind mei weergegeven

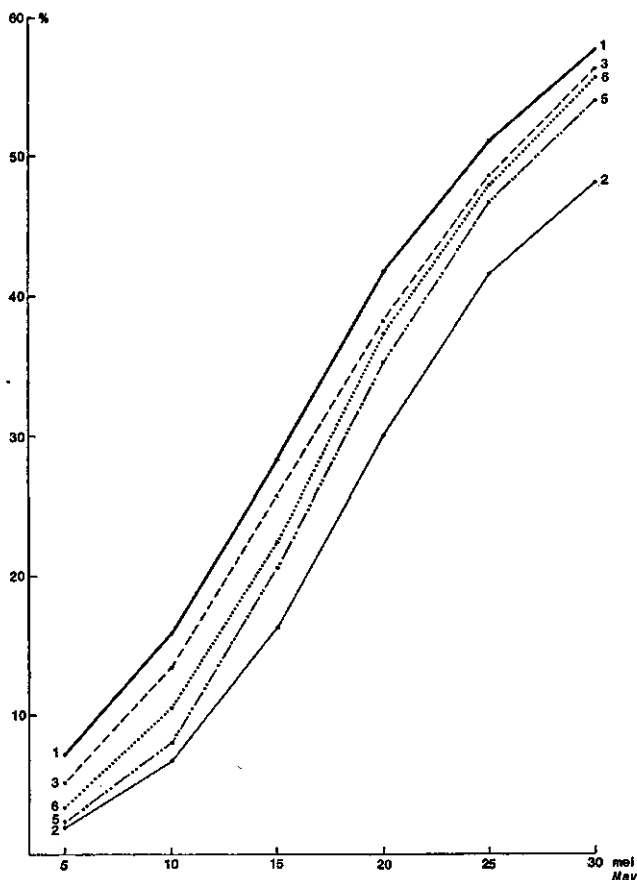


Fig. 9. Het cumulatieve verloop van de asperge-oogst tot 30 mei 1966 op verschillende bodemeenheden, uitgedrukt in procenten van de kg-opbrengst tot 17 juni (voor verklaring van de nummers, zie Fig. 4).

Fig. 9. Cumulative yields gathered from various soil units up to 30 May 1966. The yields are given as percentages of absolute yields up to 17 June (for key of the numerals, see Fig. 4).

als percentage van de oogst t/m 17 juni. Het jaar 1966 is als voorbeeld gekozen, omdat de temperatuur in april en mei vrij normaal was. Voorts zijn bij de podzolgronden de drie proefplekken, waarop door bijzondere omstandigheden eerst laat met de oogst kon worden begonnen, buiten beschouwing gelaten. In deze figuur valt de latere oogst van de middelhoge enkeerdgronden weer op. De hoge enkeerdgronden zijn het vroegst, gevolgd door de lemige vorstvaaggronden in stuifzand, de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand en de veldpodzolgronden. Beschouwen wij echter de absolute cijfers van het verloop van de gewichtsofbrengst in 1966 tot eind mei (fig. 10), dan zien we een andere rangorde van de gronden. Voor de telers is deze laatste figuur het meest interessant.

4.2.7 Bovengronds gewas

Vanaf 1963 is ieder jaar in september de stand van het gewas op de proefplekken beoordeeld. Bij de beoordeling is gelet op kleur, uniformiteit van het gewas, hoogte en vertakking van de stengel, en vanaf 1966 ook op percentage uitval. Het standcijfer,

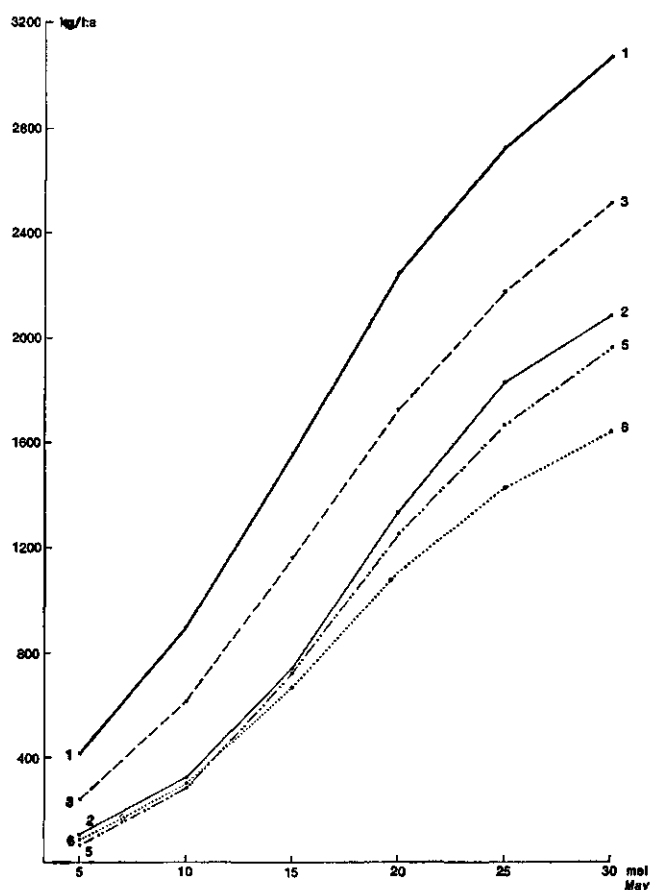


Fig. 10. Het cumulatieve verloop van de asperge-oogst, genoemd in Fig. 9, nu uitgedrukt in kg/ha.

Fig. 10. Cumulative yields as mentioned in Fig. 9, but expressed in kg/ha.

dat gegeven werd in de schaal van 1 t/m 10, gaf de totale indruk van het gewas weer. Tabel 8 geeft de gemiddelde standcijfers per bodemeenheid van 1963–1969 en het aantal proefplekken waarop het gemiddelde betrekking heeft. Duidelijk is te zien dat de hoge enkeerdgronden gemiddeld de hoogste standcijfers hebben en de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand de laagste. De gemiddelde opbrengsten van deze gronden waren eveneens resp. de hoogste en de laagste. Vergelijken we standcijfers van de laatste jaren met die van de eerste jaren, dan zien we dat deze voor de enkeerdgronden niet gedaald zijn, dit in tegenstelling tot de lemige vorstvaaggronden in stuifzand en de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand. Van de veldpodzolgronden zijn de standcijfers vanaf 1966 te hoog, doordat enkele slechte velden inmiddels opgeruimd waren. De cijfers van tabel 10 doen vermoeden dat op de hoge enkeerdgronden het aspergegewas het langst goede opbrengsten zal geven. Latere waarnemingen hebben dat bevestigd. In 1972 werden van een aantal aspergeproefplekken op enkeerdgronden nog opbrengsten tot 5000 kg/ha gehaald, terwijl het gewas op de proefplekken op de overige gronden reeds was versleten

Tabel 8. Aantal proefplekken (A) en gemiddelde standcijfers (B) van asperges per bodemeenhheid.

	1963		1964		1965		1966		1967		1968		1969	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Hoge enkeerdgronden	6	7,7	6	6,9	6	7,4	6	6,1	5	7,6	5	7,4	5	7,2
High 'enk' earth soils														
Middelhoge enkeerdgronden	5	5,5	5	5,6	5	6,4	5	4,6	5	5,6	4	5,8	4	5,3
Medium high 'enk' earth soils														
Lemige stuifzandgronden	5	6,8	5	6,8	5	6,4	5	5	5	5,8	5	5,6	4	5,6
Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes														
Leemarme stuifzandgronden	2	5,8	2	5,8	2	6,0	2	4,3	1	6,0	1	6,0	1	4,0
Poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes														
Veldpodzolgronden	7	6,4	7	5,6	7	5,7	6	5,1	6	5,3	5	5,7	3	5,1
'Veld' podzol soils														
Moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand	6	6,5	6	4,9	6	5,4	5	4,1	5	4,3	5	3,7	4	3,1
Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand														

Table 8. Number of trial plots (A) and average ratings (B) of asparagus plants per soil unit.

of opgeruimd. In 1966 was de stand van het gewas slechter dan in het voorgaande en het volgende jaar. Deze slechte stand is er mede de oorzaak van, dat de opbrengsten van de asperges in 1967 veel lager waren dan normaal.

Er blijkt een goede correlatie te bestaan tussen standcijfer en de opbrengst in het daarop volgende jaar (tabel 9, fig. 11 en 12).

Tabel 9. Correlaties tussen standcijfer van het gewas (x) en opbrengst in kg/ha (y).

Aantal proefplekken Number of trial plots	x van x of	y van y of	Regressievergelijking Regression equation	Correlatiecoëfficiënt Correlation coefficient
31	1963	1964	$y = +454x + 2310$	0,68***
31	1964	1965	$y = +479x + 2050$	0,68***
31	1965	1966	$y = +578x + 810$	0,65***
28	1966	1967	$y = +501x + 720$	0,68***
18	1967	1968	$y = +552x + 880$	0,81***

*: Significant bij onbetrouwbaarheid van 5 % / Significant at a 0,05 level

**: Significant bij onbetrouwbaarheid van 1 % / Significant at a 0,01 level

***: Significant bij onbetrouwbaarheid van 0,1 % / Significant at a 0,001 level

Table 9. Correlations between ratings of asparagus plants (x) and their yield in kg/ha (y).

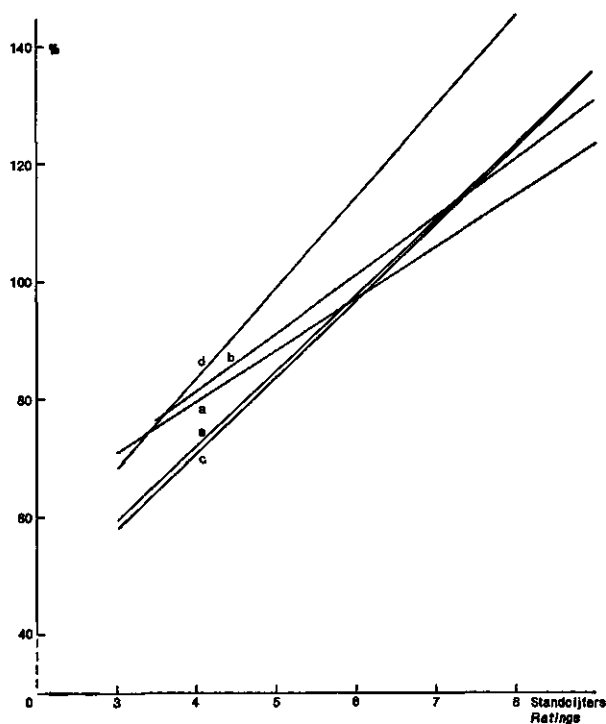


Fig. 11. Het verband tussen standcijfer van de aspergeplanten en de opbrengst, uitgedrukt in procenten van de gemiddelde opbrengst per oogstjaar.

a, b, c, d, e = standcijfer/rating 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, and relatieve opbrengst in kg/relative yield 1964, 1965, 1966, 1967, 1968.

Fig. 11. Relation between ratings of asparagus plants and relative yield, as percentage of average yield of all trial plots for the year.

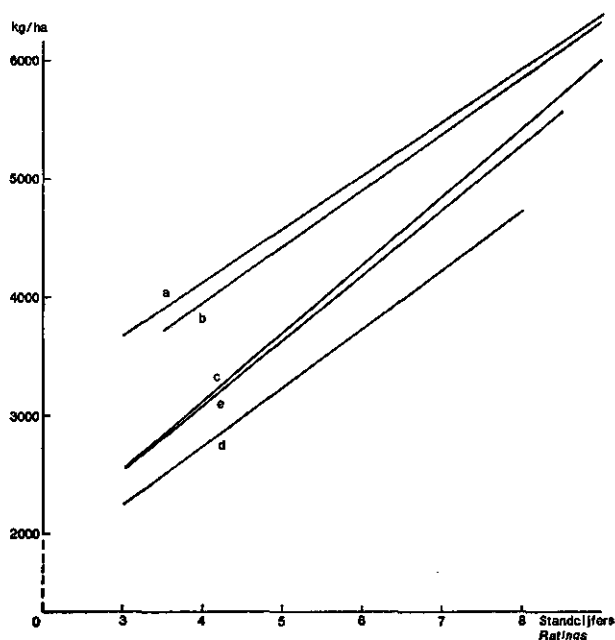


Fig. 12. Het verband tussen standcijfers van de aspergeplanten en de opbrengst in kg/ha (a, b, c, d, e, zie Fig. 11).

Fig. 12. Relation between ratings of asparagus plants and yields in kg/ha (see Fig. 11 for key).

In de figuren 11 en 12 is het verband tussen standcijfer en opbrengst grafisch weergegeven. De toename in opbrengst per eenheid van standcijfer is voor alle beschouwde jaren ongeveer gelijk. De gemiddelde opbrengst echter die bij een bepaald standcijfer horen, kunnen van jaar tot jaar tot 1000 kg/ha verschillen. Hiervoor zijn een paar oorzaken aan te wijzen. In een jaar met gemiddeld minder goede ontwikkeling van het bovengrondse gewas (1966) is er de neiging te hoge standcijfers te geven. Dit geldt ook voor oudere gewassen. Verder kunnen de weersomstandigheden tijdens de oogst de opbrengsten ongunstig beïnvloeden, wat uiteraard niet in de standcijfers tot uiting kan komen. Dit neemt echter niet weg, dat met het geven van standcijfers een goede indruk van het produktievermogen van een aspergegewas kan worden verkregen.

Daar de bepaling van de gewichtsofbrengsten zeer tijdrovend is, in tegenstelling tot het geven van standcijfers, betekent dit laatste een verruiming van de onderzoeksmogelijkheden. Men kan dan een groot aantal proefplekken in een onderzoek betrekken; waarbij dan slechts van een beperkt aantal de opbrengst moet worden bepaald om het opbrengstniveau dat bij de verschillende standcijfers behoort te kunnen vaststellen.

De beoordeling van de uniformiteit en de kleur van het gewas, de hoogte waarop de vertakking van de stengel begint en het percentage uitval van de planten is gemiddeld per bodemeenheid weergegeven in de tabellen 10 en 11.

De uniformiteit van het gewas, dat wil zeggen de mate van gelijkheid van verschillende planten op een proefplek, was bij de gewassen die de hoogste opbrengsten gaven, het grootst. Gemiddeld kregen de hoge enkeerdgronden en de lemige vorstvaaggronden in stuifzand de hoogste beoordeling, de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden

Tabel 10. Beoordeling van de stand van het aspergewas op de verschillende gronden.

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
<i>Uniformiteit / Uniformity</i>						
Hoge enkeerdgronden						
High 'enk' earth soils	6,9	6,3	7,1	6,2	7,1	6,9
Middelhoge enkeerdgronden						
Medium high 'enk' earth soils	5,4	5,0	5,8	4,8	5,0	5,5
Lemige vorstvaaggronden in stuifzand						
Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	6,9	6,4	6,5	5,3	5,9	5,6
Leemarme vorstvaaggronden in stuifzand						
Poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	5,8	5,3	5,5	4,-	6,-	5,-
Veldpodzolgronden						
'Veld' podzol soils	6,4	5,4	5,3	4,8	5,0	5,5
Moderpodzol- en vorstvaaggronden in oud rivierzand						
Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand	5,3	5,-	4,8	4,5	3,9	3,6
<i>Kleur / Colour</i>						
Hoge enkeerdgronden						
High 'enk' earth soils	7,3	7,3	7,5	7,3	7,0	7,4
Middelhoge enkeerdgronden						
Medium high 'enk' earth soils	6,4	7,4	7,4	7,1	6,5	7,1
Lemige vorstvaaggronden in stuifzand						
Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	7,6	7,7	7,0	7,0	6,5	6,6
Leemarme vorstvaaggronden in stuifzand						
Poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	6,5	6,3	5,8	5,5	5,5	6,-
Veldpodzolgronden						
'Veld' podzol soils	6,9	6,7	6,3	6,0	5,5	6,8
Moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand						
Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand	7,2	7,1	6,8	6,8	7,2	6,9
<i>Vertakking van de stengels / Height at which the stalks branch out</i>						
Hoge enkeerdgronden						
High 'enk' earth soils	7,3	6,8	7,2	6,6	7,1	6,7
Middelhoge enkeerdgronden						
Medium high 'enk' earth soils	6,1	5,9	6,6	5,7	5,9	6,7
Lemige vorstvaaggronden in stuifzand						
Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	7,0	6,7	6,6	6,2	6,2	6,4
Leemarme vorstvaaggronden in stuifzand						
Poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	7,0	7,0	6,8	5,3	6,5	6,-
Veldpodzolgronden						
'Veld' podzol soils	6,9	6,4	6,1	5,7	5,6	6,2
Moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand						
Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand	6,3	5,8	5,8	5,8	5,1	5,8

Table 10. Ratings of asparagus plants on different soils.

Tabel 11. Geschat percentage uitval van aspergeplanten op de proefplekken.

	1966	1967	1968
Hoge enkeerdgronden			
High 'enk' earth soils	16	17	15
Middelhoge enkeerdgronden			
Medium high 'enk' earth soils	24	29	25
Lemige vorstvaaggronden in stuifzand			
Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	22	30	27
Leemarme vorstvaaggronden in stuifzand			
Poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	35	23	25
Veldpodzolgronden			
'Veld' podzol soils	23	33	24
Moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand			
Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand	33	47	43

Table 11. Estimated percentage of missing asparagus plants on the trial plots.

den in oud rivierzand de laagste. Wat de kleur betreft werden de gewassen op de leemarme vorstvaaggronden in stuifzand en de veldpodzolgronden lager beoordeeld dan op de overige gronden. De moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand vielen op door een meer gedrongen groei; ook bleven de planten korter.

De hoogte waarop de vertakking van de stengel begint blijkt vooral samen te hangen met de lengte van het gewas. In de praktijk wordt een plant hoger gewaardeerd, naarmate de vertakking hoger begint.

Het geschatte percentage uitval van de planten was het grootst op de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand, ongeveer 40%. De hoge enkeerdgronden hebben ongeveer 15% uitval, de overige gronden 25 à 30%. De achteruitgang in opbrengst in de loop der jaren en de verschillen in opbrengst tussen de gronden moet voor een deel hieraan worden toegeschreven.

4.2.8 Som van de kwadraten van stengeldiameters als maat voor de produktiviteit

Op een vijfde deel van iedere proefplek (2,5 are) is de diameter van alle aspergestengels juist boven de grond gemeten. Ellison et al. (1960) en Franken (1963) vinden een goede correlatie tussen de som van kwadraten van de diameters en de opbrengst van het volgende jaar. Door ons is het verband eveneens berekend en weergegeven in tabel 12.

Vergelijken wij deze tabel met tabel 9 dan blijken de correlatiecoëfficiënten tussen opbrengst en som van de kwadraten der diameters wat minder hoog te zijn dan die tussen opbrengsten en standcijfers. Om snel een indruk te krijgen van het produktievermogen van een gewas, moet daarom aan het geven van standcijfers de voorkeur gegeven worden boven het meten van stengeldiameters.

In tabel 13 is voor de verschillende jaren van het onderzoek per bodemeenheid de

Tabel 12. Correlaties tussen de som van de kwadraten van diameters van aspergestengels in mm^2/m^2 (x) en de opbrengst in kg/are (y).

Aantal proefplekken Number of trial plots	x van x of	y van y of	Regressievergelijking Regression equation	Correlatiecoëfficiënt Correlation coefficient
29	1962	1963	$y = +0,030x + 14,3$	$+0,64^{***}$
31	1963	1964	$y = +0,021x + 33,9$	$+0,55^{**}$
31	1964	1965	$y = +0,032x + 25,9$	$+0,65^{***}$
31	1965	1966	$y = +0,028x + 16,2$	$+0,53^{**}$
27	1966	1967	$y = +0,026x + 16,5$	$+0,72^{***}$

Table 12. Correlations between the stalk products (square of stalk diameters divided by ground area) in mm^2/m^2 (x) and the yield in kg/are (y).

Tabel 13. Som van de kwadraten van diameters (mm^2/m^2) van de aspergeplanten op de proefplekken (gemiddelde per bodemeenheid).

	1962	1963	1964	1965	1966
Hoge enkeerdgrond High 'enk' earth soils	1240	971	808	1100	733
Middel hoge enkeerdgronden Medium high 'enk' earth soils	826	825	761	1143	728
Leemige vorstvaaggronden in stuifzand Loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	928	907	754	1006	600
Leemarme vorstvaaggronden in stuifzand Poorly loamy 'vorst' vague soils in inland dunes	971	864	537	984	449
Veldpodzolgronden 'Veld' podzol soils	866	839	689	983	654
Moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand Moder podzol soils and 'vorst' vague soils in old riversand	947	718	592	782	416

Table 13. Average stalk product (mm^2/m^2) of the asparagus plants on the trial plots per soil unit.

gemiddelde som van de kwadraten van de stengeldiameters uitgedrukt in mm^2 per m^2 . Deze is voor de hoge enkeerdgronden het hoogst en voor de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand het laagst.

4.2.9 Beworteling

4.2.9.1 Algemeen

De aspergeplant vormt vanuit de wortelstok vlezige bijwortels waaruit dunne zich vertakkende zijwortels ontspruiten. Iedere stengel heeft twee bijwortels. Per plant vormen zich ieder jaar ongeveer tien stengels, waarvan de eerste vijf geoogst worden.

Per jaar ontstaan er dus ongeveer twintig bijwortels. De andere bijwortels sterven in de loop der jaren af.

Van de beworteling van asperges is weinig literatuur beschikbaar. Weaver & Bruner (1927) noemen een bewortelingsdiepte van maximaal 3,20 m; Astrego et al. (1947) noemen zelfs 3 à 4 meter. Van der Linden et al. (1954) vinden een maximale bewortelingsdiepte van 1,25 m. Franken & Roorda van Eijsinga (1958) wijzen erop dat in het algemeen de grote massa van de aspergewortels gevonden wordt tussen 20 en 60 cm. In een profielkuil op een vorstvaaggrond in stuifzand te Grubbenvorst constateerden zij dat de bewortelingsdiepte van de asperge daar bepaald werd door een aaneengekitte ijzerhoudende laag op circa 70 cm beneden het maaiveld. Onder deze laag werden op enkele uitzonderingen na geen wortels aangetroffen. Op plaatsen waar deze laag niet voorkwam, wortelde de asperge tot ongeveer 115 cm.

Om de beworteling in de gronden van het onderzoek te kunnen bestuderen, is in de herfst van 1962 en 1966 naast alle proefplekken een profielkuil gegraven. Op ongeveer 10 cm van de planten werd evenwijdig aan de rij de beworteling blootgelegd en nage tekend op plastic folie. Deze wijze van weergeven van de beworteling is uitvoerig beschreven door Reijmerink (1964).

Het blijkt dat de bewortelingsdiepte sterk uiteenloopt. Diep beworteld zijn de enkeerdgronden, de vorstvaaggronden in stuifzand en de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand. De asperges op de veldpodzolgronden wortelen veel ondieper; hetzelfde is het geval op uitgestoven laagten in een stuiflandzandschap. Proefplek 59 ligt op een dergelijke plek. Een tussenpositie nemen de middelhoge enkeerdgronden in (fig. 13).

4.2.9.2 Indringingsweerstand en microstructuur

De beworteling van de asperge op de zandgronden blijkt sterk te correleren met de weerstand die een conus ondervindt, wanneer deze verticaal in vochtige grond wordt gedrukt. Naarmate deze indringingsweerstand toeneemt, neemt de intensiteit van beworteling af (Van Dam & Hulshof, 1967). De grootte van deze weerstand wordt gemeten met een penetrometer. Daar de indringingsweerstand wordt beïnvloed door het vochtgehalte van de grond, kan het best worden gemeten wanneer de grond op veldcapaciteit is. In figuur 14 is de indringingsweerstand weergegeven, die een kegelvormige conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1 cm^2 ondervindt in een diep bewortelde grond; figuur 15 toont de weerstand van een ondiep bewortelde grond. Het blijkt dat in horizonten met een indringingsweerstand hoger dan 30 kg/cm^2 vrijwel geen wortels voorkomen. Houben (1970) constateerde hetzelfde verschijnsel bij gras en granen. Dergelijke hoge weerstanden worden bij zandgronden vooral gemeten in niet gehomogeniseerde C-horizonten. De grenswaarde van 30 kg/cm^2 komt goed overeen met wat andere onderzoekers gevonden hebben. Zo stelden Taylor et al. (1963, 1964) vast dat katoenwortels niet doordrongen in lagen met weerstanden van 25 à 30 kg/cm^2 . Zyuz' (1968) geeft voor dennenwortels een grenswaarde van 25 kg/cm^2 , terwijl Yang (1969) voor suikerriet 20 – 25 kg/cm^2 vermeldt.

Fig. 13. Bewortelingsdiepte van 3 en 7 jaar oude aspergeplanten op de verschillende proefplekken.

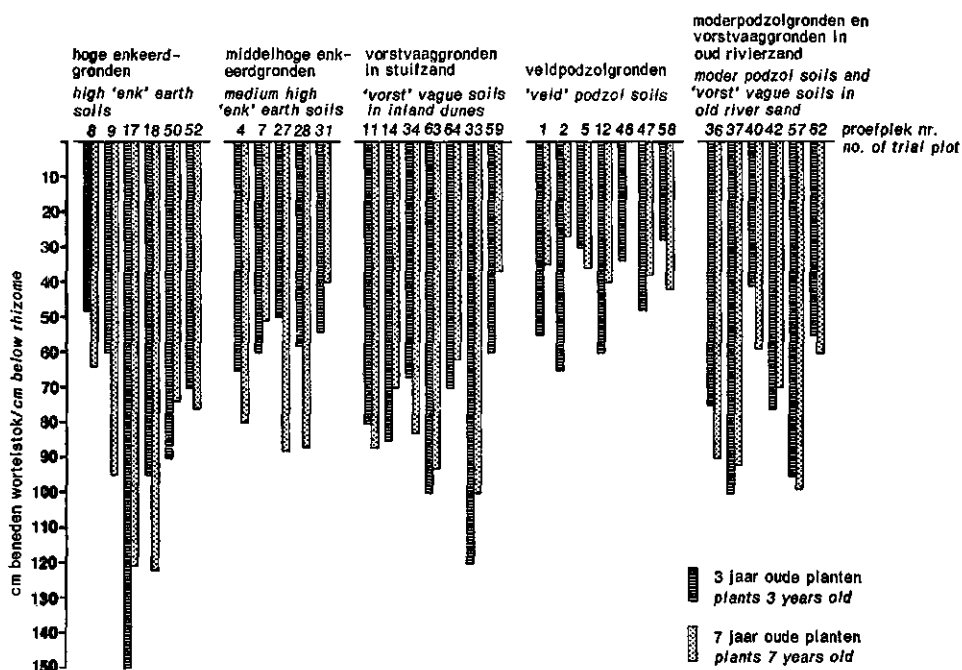


Fig. 13. Rooting depth of 3 and 7 years old asparagus plants on the different trial plots.

Reijmerink (1973) heeft op de aspergeproefplekken nader onderzoek gedaan naar de relatie beworteling en microstructuur van de grond. (Voor de microstructuurindefining zie Jongerius, 1957.) Reijmerink vond een duidelijke correlatie tussen de microstructuur in de intensiteit van beworteling bij asperge; hij vermeldt: 'micro-aggregate structures are in general favourable or very favourable to root development; matrix structures vary widely, but in general allow a very meagre root development; single-grain structures with open packings are moderately favourable to root development but when densely packed do not permit rooting.'

4.2.9.3 Opbrengst

Wanneer de moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand even buiten beschouwing gelaten worden, blijkt dat de hoogste opbrengsten behaald worden op de diep bewortelbare gronden, namelijk op de enkeerdgronden en de lemige vorstvaaggronden in stuifzand. Bij de ondiep bewortelbare veldpodzolgronden daarentegen vallen de opbrengsten tegen en bovendien is het aspergegewas op deze gronden vlugger versleten. De lagere opbrengsten van de ondiep bewortelbare gronden blijken duidelijk uit figuur 16, waarin de opbrengsten van de asperge op de proefplekken van

Fig. 14. Indringingsweerstand van een hoge enkeerdgrond en beworteling van asperges in die grond (basisoppervlak van conus 1 cm²).

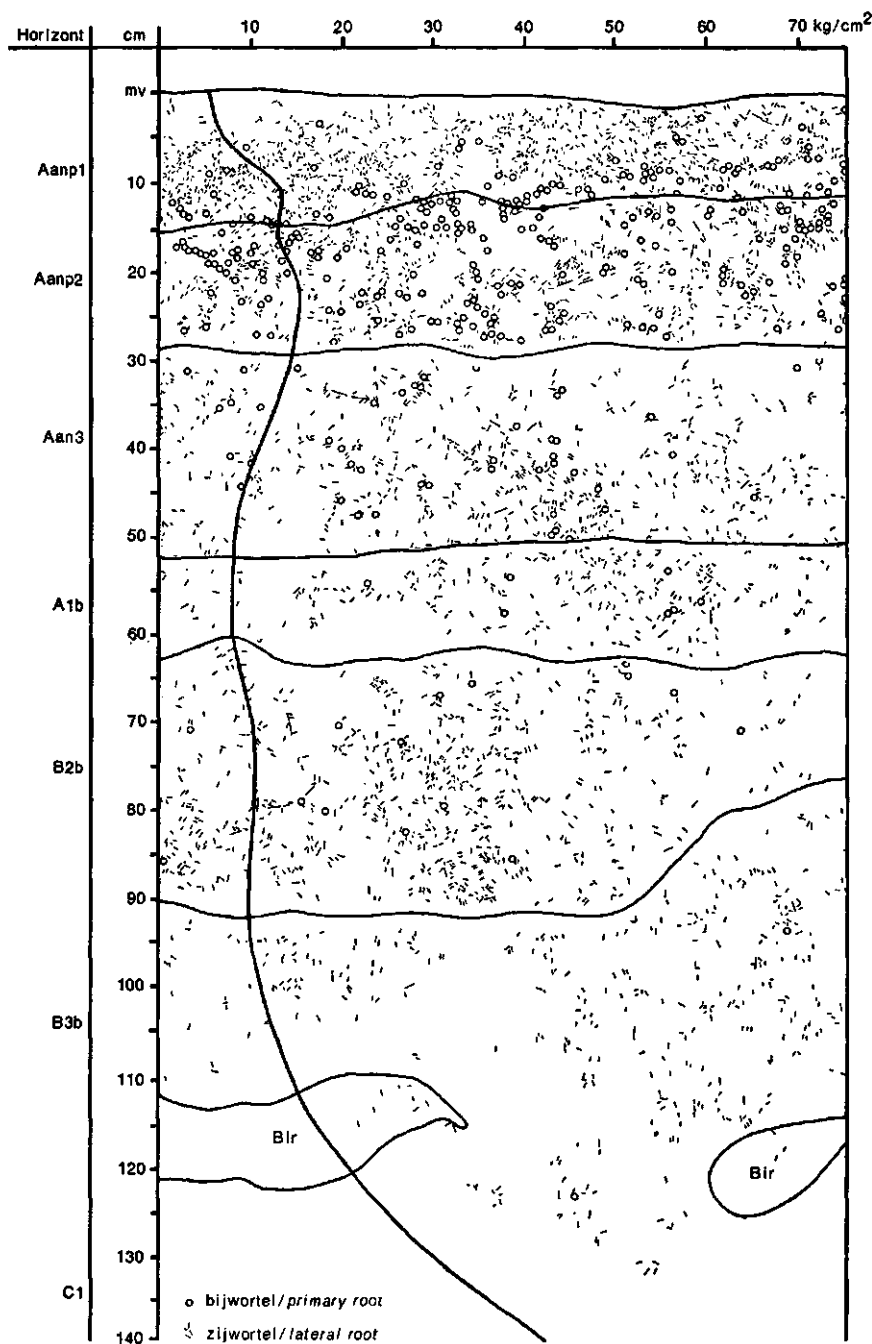


Fig. 14. Penetration resistance of a high 'enk' earth soil and distribution of asparagus roots in that soil (base surface of cone 1 cm²).

Fig. 15. Indringingsweerstand van een veldpodzolgrond en beworteling van asperges in die grond (basisoppervlak van conus 1 cm²).

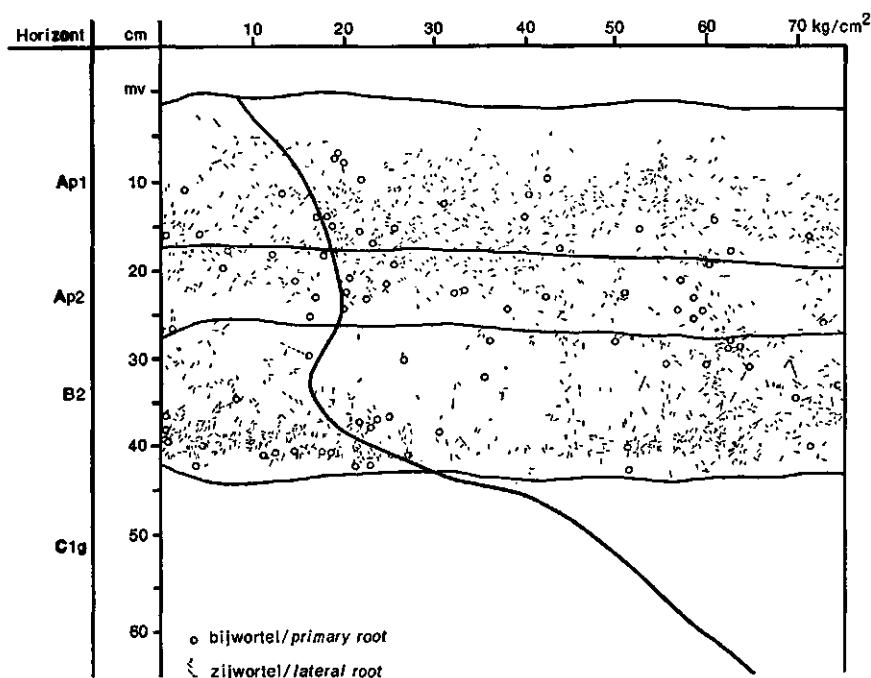


Fig. 15. Penetration resistance of a 'veld' podzol soil and distribution of asparagus roots in that soil (base surface of cone 1 cm²).

de vierde volledige oogst (zevende groeijaar) en de diepte van de beworteling op enkele gronden, vorstvaaggronden in stuifzand en veldpodzolgronden is weergegeven.

De levensduur van de asperge op de verschillende gronden die tot uiting komt op het tijdstip van omploegen van de aanplant, loopt uiteen. Zo waren in 1969 op de veldpodzolgronden vier van de zeven proefplekken omgeploegd, op de enkele gronden en lemige vorstvaaggronden in stuifzand drie van de zestien. Een langere levensduur houdt in dat men goedkoper produceert. De kosten van de aanplant kunnen dan over een langere periode worden afgeschreven. Een langere levensduur is ook gunstig in verband met het probleem van aspergemoetheid. Het duurt dan namelijk jaren voordat men een perceel opnieuw met succes met asperges kan inplanten. Chemische bestrijding van aspergemoetheid heeft tot nu toe nog niet het gewenste resultaat opgeleverd. Een verklaring voor de samenhang tussen levensduur en bewortelingsdiepte van een aspergegewas zou kunnen zijn, dat bij de ondiep bewortelbare gronden het beschikbare grondvolume per plant veel geringer is dan bij diep bewortelbare gronden. Vooral bij deze laatste gronden zien wij dat naarmate het gewas ouder wordt, de beworteling in de ondergrond sterk toeneemt. Dit zou een gevolg kunnen zijn van een voorkeur voor beworteling van lagen die nog niet intensief met aspergewortels bezet zijn geweest. Bij

Fig. 16. Opbrengst (kg/ha) van de vierde volledige asperge-oogst (1966, zevende groeijaar) in relatie met de diepte van beworteling in enkeerd-, veldpodzol- en vorstvaaggronden in dat jaar.

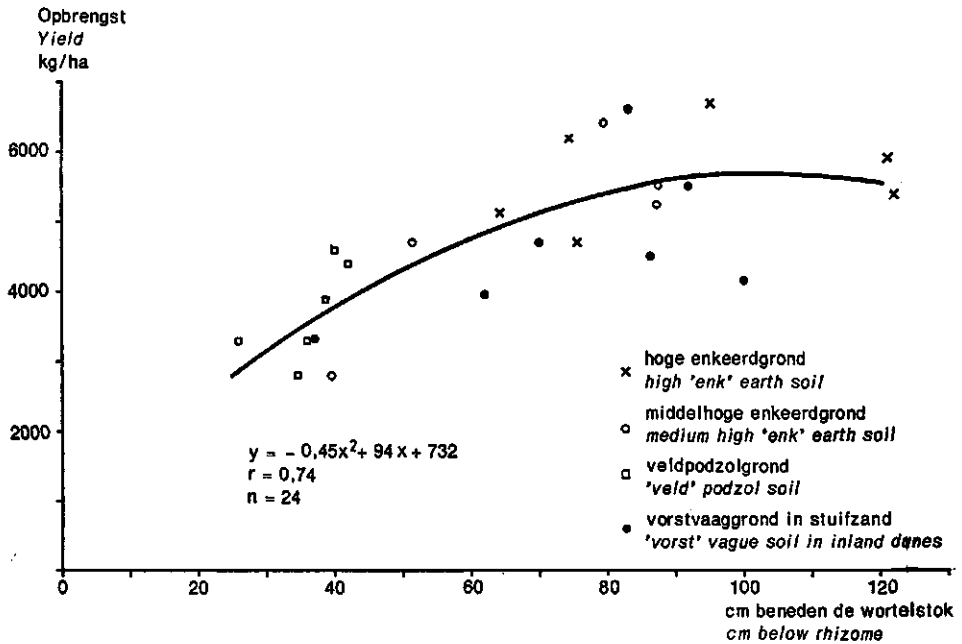


Fig. 16. Relation between yield (kg/ha) of the fourth complete harvest (1966, seventh growing year) and the rooting depth in 'enk' earth soils, 'vorst' vague soils and 'veld' podzol soils in the same year.

ondiep bewortelbare gronden is een uitwijkmogelijkheid van de wortels naar diepere lagen niet aanwezig (Reijmerink, 1973).

Het verband tussen opbrengst en diepte van beworteling geldt niet voor de gronden in oud rivierzand. Deze zijn diep bewortelbaar, terwijl de opbrengsten laag zijn. Opvallend is dat het gewas op deze gronden een andere habitus heeft. Het is gedrongener en heeft een doffere kleur. Deze verschijnselen doen volgens Henkens (pers. meded.) denken aan een overmaat van een element. Omdat het humusgehalte en de pH laag waren, is nagegaan of er sprake is van mangaanovermaat. Gewasanalyses geven echter voor deze grond geen hogere mangaangehalten te zien.

Op deze gronden begint bovendien de vorming van zijwortels later dan op de overige gronden. Een verklaring hiervoor is niet gevonden. Wel hebben Van Nerum & Palasthy (1970) in potproeven geconstateerd dat calciumgebrek een slechte wortelontwikkeling ten gevolge heeft. Nader onderzoek naar de oorzaken van deze slechte teeltresultaten op de oude rivierzandgronden is gewenst.

4.2.10 Conclusie

Uit het onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat de geschiktheid van zandgronden voor de aspergeteelt sterk kan uiteenlopen. De opbrengsten per ha kunnen bij

goede verzorging van de gewassen variëren van 3000 tot 6000 kg per oogstjaar, de economische levensduur van de aspergeaanplant van vijf tot meer dan tien jaar. Ook de kwaliteit van de geoogste asperge wordt beïnvloed door de bodemgesteldheid. Om een goede kwaliteit asperges te kunnen oogsten, is het nodig dat de bedden in de oogstperiode niet te hard opdrogen of ernstige korstvorming vertonen. Anders groeien de stengels gemakkelijk krom, waardoor zij in een lagere kwaliteitsklasse vallen. Dit is het geval op sterk lemige zandgronden met een laag humusgehalte. Ook mogen de bedden niet gemakkelijk uiteenvallen en verstuiven. Leem- en humusarme zandgronden lijden aan dit euvel. Vooral in zonnige perioden worden van deze gronden veel stengels met blauwe koppen geoogst. De diktesortering, ook een belangrijke kwaliteitseis, hangt vooral samen met de gewichtsopbrengst. Naarmate de opbrengst hoger is, worden ook dikkere asperges geoogst. Of zich op de stengels bruine plekken vormen, door de aspergetelers roest genoemd, hangt samen met de groeisnelheid. Wanneer deze laag is, zoals bij lage temperaturen in het begin van het oogstseizoen, is de kans op roest veel groter dan later wanneer de temperaturen hoger zijn. Voorts kan opgemerkt worden, dat van vochtige late gronden doorgaans meer roestige stengels geoogst worden dan van droge vroege gronden.

Hoge opbrengsten van goede kwaliteit gedurende een groot aantal jaren worden geoogst van de hoge enkeerdgronden. Deze zijn diep bewortelbaar, hebben nooit wateroverlast en zijn vanwege het dikke humeuze dek weinig droogtegevoelig. Zij hebben in het onderzoek de beste resultaten gegeven.

Iets minder geschikt voor de aspergeteelt zijn de lemige vorstvaaggronden in stuifzand. Zij hebben eveneens diepe grondwaterstanden en zijn ook diep bewortelbaar, maar ze zijn meer droogtegevoelig omdat zij geen dik humeus dek hebben. Dit kwam na de droge zomer van 1964 tot uiting in de opbrengsten van 1965. Ook de economische levensduur van de asperges is op deze gronden wat korter dan op de hoge enkeerdgronden.

De middelhoge enkeerdgronden vallen voor deze teelt in een lagere geschiktheidsklasse. Vooral de sterk lemige enkeerdgronden met een humusgehalte van 5% en hoger blijven door hun grote vochthoudend vermogen, ook bij diepe grondwaterstanden, in het voorjaar lang koud. Zij zijn daardoor laat. De opbrengsten vallen op deze gronden tegen.

De ondiep bewortelbare lemige gronden, zoals de veldpodzolgronden, kunnen de eerst jaren goede opbrengsten geven. Op deze gronden loopt de opbrengst echter na korte tijd sterk terug; met andere woorden, de planten zijn vlug versleten. De veronderstelling is geuit, dat dit een gevolg kan zijn van bodemmoeheid tijdens de teelt. Op deze gronden is per plant minder bewortelbaar grondvolume beschikbaar. Na enige jaren is het bewortelbare gedeelte zo intensief beworteld, dat nieuwe wortels moeten groeien in holten, die voordien ook al met wortels gevuld zijn geweest. Bovendien hebben veel van deze gronden in de winter en het voorjaar hoge grondwaterstanden. In de zomer zakt het grondwater diep weg. Deze wisselende grondwaterstand brengt met zich mee, dat deze gronden niet alleen wateroverlast kunnen hebben, maar ook droogtegevoelig zijn.

De sterk lemige moderpodzolgronden en vorstvaaggronden in oud rivierzand nemen een aparte plaats in. Ze worden in Limburg vrij veel voor de aspergeteelt gebruikt. Ze zijn echter maar weinig geschikt, ondanks de diepe bewortelingsmogelijkheden, diepe grondwaterstanden en het goed vochthoudend vermogen. Het is niet duidelijk waaraan dit te wijten is.

De oppervlakte van de zeer geschikte aspergegronden is beperkt. Men kan zich nu afvragen, welke mogelijkheden men heeft om met succes asperges te telen op van nature minder geschikte gronden. Men kan daartoe de bodemkundige beperkingen verminderen of opheffen via cultuurtechnische maatregelen en/of teelttechnische maatregelen.

De beste oogstresultaten worden behaald op diep bewortelbare gronden met diepe grondwaterstanden. Hieruit volgt dat ontwatering van te natte gronden en diepe grondbewerking van ondiep bewortelbare gronden als cultuurtechnische maatregelen in aanmerking komen. Verwacht kan worden dat bijvoorbeeld periodiek te natte lemige enkeerdgronden door ontwatering zeer geschikt worden voor de aspergeteelt. Het areaal van deze gronden is echter beperkt. Een veel grotere oppervlakte beslaan de lemige veldpodzolgronden. Deze gronden zijn door de vaste ondergrond ondiep bewortelbaar. Voorts laat de waterbeheersing vaak te wensen over, waardoor de grondwaterstanden periodiek te hoog of te laag zijn. Een betere waterbeheersing en diepe grondbewerking zouden de mogelijkheden van deze gronden vermoedelijk sterk doen toenemen. Om dit na te gaan, is in het voorjaar van 1969 een aspergeproefveld op dergelijke grond aangelegd. Op het proefveld wordt een diepe grondbewerking met een mengrotor tot 70 cm en 90 cm vergeleken met een normale grondbewerking (Perdok et al., 1969). De ontwatering van het proefveld is goed, dank zij een ontwateringskanaal op korte afstand. De eerste resultaten geven een gunstig effect te zien van de diepe grondbewerking. Het uiteindelijke resultaat kan echter pas goed beoordeeld worden na afloop van de teelt, omdat de economische levensduur van een asperge-aanplant een belangrijk facet is van de geschiktheid.

Wat de teelttechnische maatregelen betreft, kan het volgende worden opgemerkt. Thans worden de asperges op alle gronden op dezelfde wijze geteeld. Door aanpassing van de teelttechnische maatregelen zijn op bepaalde gronden hogere opbrengsten mogelijk. Zo zal men op gronden waar de oogst laat begint, langer met het oogsten door kunnen gaan. Voor ondiep bewortelbare gronden kan worden overwogen ondieper te planten en de rijenafstand groter te maken, waardoor voldoende grond beschikbaar blijft om bedden te maken. Door nauwer planten op de rij kan dan het aantal planten per ha gelijk blijven. Voorts zal op droogtegevoelige gronden in droge perioden in het groeiseizoen beregening wellicht economisch verantwoord zijn. Nader onderzoek naar het effect van de genoemde teelttechnische maatregelen is voor de economisch sterke aspergeteelt zeker gerechtvaardigd.

5 Bodemgeschiktheidsonderzoek bij appels, in het bijzonder bij Jonathan op zware rivierklei

5.1 Inleiding

De appelteelt kan beschouwd worden als een intensieve teelt. De jaarlijkse produktiekosten liggen volgens het Landbouw-Economisch Instituut rond de f 12000 per ha. Het betreft een meerjarig gewas. Een eventueel effect van bodemgebreken op de boomgroei accumuleert zich in de loop der jaren.

De gewasbehandeling draagt vaak een sterk individueel karakter. Zeer duidelijk komt dit tot uiting in de snoei, waarmee de fruitteler de groei en de vruchtbaarheid van de bomen kan beïnvloeden. Het uitbuigen van takken en het dunnen van de vruchten gebeurt afhankelijk van de groei en de vruchtbaarheid van de individuele bomen (Hilkenbäumer, 1964; Tromp, 1967).

Door de invoering van de East Malling-onderstammen na de eerste wereldoorlog kreeg de Nederlandse fruitteler meer mogelijkheden; hij kan nu ook door de keuze van de onderstammen de groei en de leeftijd waarop de bomen in produktie komen beïnvloeden.

De bodembehandeling in de fruitteelt is al vele jaren onderwerp van onderzoek. Butijn (1961) heeft in Nederland veel onderzoek hierover verricht. Aan het begin van deze eeuw vormden de beweidde hoogstamboomgaarden in gras het grootste fruitareaal in Nederland. Na de eerste wereldoorlog ontwikkelde de fruitteelt zich tot een zelfstandig gespecialiseerd bedrijf, waarin de hoogstamboom plaats heeft moeten maken voor de struikvorm en, vooral na de tweede wereldoorlog, voor andere kleine boomvormen. Door de toepassing van zwakke onderstammen werden de bomen gevoeliger voor de vocht- en voedselconcurrentie van de grasmat. Tussen de eerste en tweede wereldoorlog ging men, vooral in Zeeland, daarom ertoe over de grond onder de bomen zwart te houden. Door onvoldoende aanvoer van organische stof ging echter de bodemstructuur achteruit en traden gebreksverschijnselen op (Sprenger, 1948; Mulder, 1949). In de jaren na de tweede wereldoorlog is in verband met de organische stofvoorziening veel onderzoek gedaan naar groentebemesters (Butijn, 1961). Thans wordt in de boomgaarden het strokensysteem algemeen toegepast. Bij dit systeem ligt tussen de boomrijen een strook gras waarop met de machines gereden wordt, terwijl onder de bomen de grond met chemische middelen zwart gehouden wordt.

Bemesting wordt uitgevoerd afhankelijk van de voedingstoestand; drainage en eventueel beregening zijn afhankelijk van de bodemgesteldheid.

5.2 Verslag van onderzoek

In en na de tweede wereldoorlog zijn verschillende percelen op zware rivierklei met wisselend succes ingeplant met fruit. De ervaringen met de teelt waren echter van dien aard dat tegen het eind van de jaren vijftig de meningen over de mogelijkheden van deze gronden voor fruitteelt verdeeld waren. In verband met plannen voor ruilverkavelingen en modernisering van de fruitteelt in het rivierkleigebied was het gewenst meer inzicht in de teelt op zware gronden te krijgen. Daarom werd besloten tot een proefplekkenonderzoek, dat is uitgevoerd van 1959 t/m 1963. De resultaten van dit onderzoek zijn reeds uitvoerig gepubliceerd (Van Dam 1966, 1968).

De ontwikkelingen in de fruitteelt van de laatste jaren, onder meer die van de nieuwe plantsystemen, en de slechte financiële resultaten hebben de belangstelling voor de fruitteelt op de zware rivierkleigronden tot nul doen dalen. In het kader van deze publikatie heb ik desondanks gemeend dit onderzoek te moeten bespreken, omdat het een voorbeeld is van een onderzoek naar de knelpunten van een grond voor een intensief gewas en naar de mogelijkheden van aanpassing daaraan.

Tot de zware rivierkleigronden zijn gerekend de komkleigronden, de overgangsvormen van de komkleigronden naar de stroomruggronden en de zware klei-op-veen-gronden (Egberts, 1950; Poelman, 1965). Het lutumgehalte van de bovenste 40 cm bedroeg op de proefplekken ten minste 35%, terwijl de profielen 50 cm of dieper kalkloos waren. Volgens het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker & Schelling, 1966) behoren de onderzochte gronden voor het grootste deel tot de poldervaaggronden. Enkele proefplekken lagen op nesvaaggronden, terwijl de klei-op-veen tot de drechtvaaggronden gerekend moeten worden. Het onderzoek is beperkt tot het ras Jonathan. Dit ras is in en na de tweede wereldoorlog veel aangeplant; daarom was het alleen bij dit ras mogelijk een redelijk aantal goed verzorgde, moderne, volwassen aanplanten op zware rivierklei te vinden, waarin proefplekken konden worden aangelegd. De proefplekken zijn zo gekozen, dat eventuele aanwezige windschermen de opbrengsten niet nadelig beïnvloeden. De fruittelers van deze boomgaarden lieten regelmatig grondonderzoek verrichten met het oog op de bemesting. Kaligebreksverschijnselen op deze van nature kalifixerende gronden zijn niet waargenomen.

Over de tijdsduur tussen het planten en het in volle produktie komen van de bomen geeft dit onderzoek geen inlichtingen. Voor de rentabiliteit van een fruitaanplant en dus ook voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling is dit echter van groot belang (Van Hennik, 1957; Spoor, 1966). Volgens De Lint (1955) zouden fruitaanplantingen op komkleigronden enige jaren later in produktie komen dan op de kalkrijke stroomruggronden. De ervaringen ten aanzien hiervan zijn echter op het proefbedrijf 'De Vlierd', gelegen op komkleigrond en de Bommelerwaard, gunstiger (Gerritsen, 1962; De Bijl, 1965).

5.2.1 Gewichtsopbrengst

5.2.1.1 Beplantingsdichtheid

Om de gewichtsopbrengsten van de proefplekken hetzij per ha, hetzij per m² kroonoppervlak, met elkaar te kunnen vergelijken, is uitgegaan van relatieve opbrengsten. De relatieve opbrengst is de opbrengst van één proefplek als percentage van de gemiddelde opbrengst van alle proefplekken in een bepaald jaar. De relatieve opbrengsten zijn over de vijf oogstjaren gemiddeld, waardoor men per proefplek komt tot een gemiddelde relatieve opbrengst over de waarnemingsperiode. Deze relatieve weergave van de gemiddelde opbrengst per proefplek is gekozen, omdat van enkele proefplekken van een bepaald oogstjaar geen opbrengstgegevens bekend zijn. In die gevallen wordt de gemiddelde relatieve opbrengst van vier oogstjaren aangehouden, wat het gemiddelde over de vijf oogstjaren goed zal benaderen.

Wanneer men de gemiddelde relatieve opbrengst in kg/ha over 1959 t/m 1963 van de proefplekken uitzet tegen de gemiddelde beplantingsdichtheid over deze periode, blijkt, dat er tussen deze grootheden een wiskundig betrouwbaar verband bestaat (zie fig. 17). Hoe groter de beplantingsdichtheid is, hoe groter de opbrengst per ha. Onder de beplantingsdichtheid wordt verstaan het percentage dat de loodrechte projectie van de kronen van de bomen inneemt van het totaal beschikbare oppervlak. Wanneer men uitgaat van een door het Landbouw-Economisch Instituut aanbevolen beplantingsdichtheid van 60%, blijkt dat de vruchtbomen op de meeste proefplekken te ruim

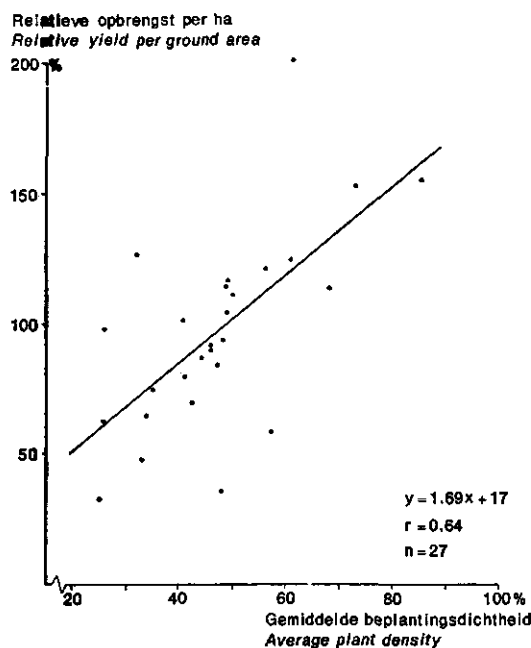


Fig. 17. Het verband tussen de relatieve opbrengst (kg/ha) en de gemiddelde beplantingsdichtheid van Jonathan op zware rivierklei in de periode 1959–1963.

Fig. 17. Relation between the relative yield (kg/ha) and average plant density of Jonathan on fine textured river clay soils in the period 1959–1963.

Relatieve kg-opbrengst per m² kroonoppervlak
Relative yield per crown surface

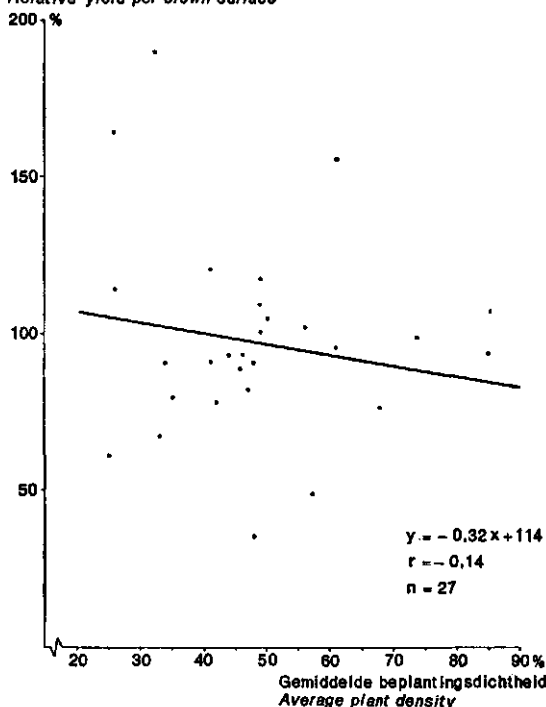


Fig. 18. Het verband tussen de gemiddelde relatieve opbrengst (kg/m² kroonoppervlak) en de gemiddelde beplantingsdichtheid van Jonathan op zware rivierklei in de periode 1959-1963.

Fig. 18. Relation between the average relative yield (kg/m² crown surface) and the average plant density of Jonathan on fine-textured river-clay soils in the period 1959-1963.

staan (Spoor, 1966). De vruchtbomen zijn klaarblijkelijk minder gegroeid dan de fruitteler bij het planten had verwacht. Op de grote betekenis van de beplantingsdichtheid op de opbrengst per ha is reeds door verschillende onderzoekers gewezen (Spoor, 1953; Van Stuijvenberg, 1953; Spoor, 1966; Kersbergen, 1964).

Tussen de relatieve opbrengst per m² kroonoppervlak en de beplantingsdichtheid bleek weinig verband te bestaan (fig. 18). De tendens is aanwezig dat bij hoge beplantingsdichtheden de opbrengst per m² kroonoppervlak daalt. Dit is aannemelijk, omdat bij hoge beplantingsdichtheden de belichting van de vruchtbomen ongunstiger is dan bij lage.

5.2.1.2 De grond

Uit een eerste oriëntatie bleek dat de bomen in groei achterblijven, wanneer in het profiel lagen met zeer slechte structuur voorkomen. De zware rivierkleigronden waarop de proefplekken zijn aangelegd zijn daarom opgedeeld naar het al dan niet voorkomen van dergelijke lagen binnen 80 cm beneden maaiveld. Deze lagen, die in het vervolg zullen worden aangeduid als slechte lagen, bestaan uit grote enkelvoudige of samengestelde gladde prismatische elementen, waarop vaak zogenaamde pershuidjes zijn waar te nemen (Jongerius, 1957). Dergelijke structuren treft men vaak aan in oude

Tabel 14. Gemiddelde opbrengst en beplantingsdichtheid van Jonathan op zware rivierklei met en zonder een slechte laag.

Oogstjaren 1959-1963 Harvest years 1959-1963	Met slechte laag With bad horizon (n = 10)	Zonder slechte laag Without bad horizon (n = 17)
Relatieve opbrengst (kg/ha) Relative yield (kg/ha)	73	111**
Relatieve opbrengst (kg/m ² kroonoppervlak) Relative yield (kg/m ² crown surface)	92	103
Beplantingsdichtheid (%) Plant density (%)	39	52*

Table 14. Yield and plant density of Jonathan trees on fine-textured river-clay soils with and without a horizon of bad structure.

begroeiingshorizonten of laklagen (Edelman et al., 1950; Havinga, 1969). In natte toestand zwellen de slechte lagen vrijwel dicht, waardoor de doorlatendheid sterk wordt gereduceerd. Verschillende onderzoekers hebben gewezen op het slechte bewortelingsmilieu dat deze lagen vormen (Hulshof et al., 1960).

De gemiddelde relatieve opbrengsten van de proefplekken met een slechte laag zijn lager dan die van de proefplekken waar een dergelijke laag ontbreekt. Het verschil is wiskundig getoetst en bleek betrouwbaar te zijn (tabel 14).

Uit tabel 14 blijkt verder dat de gemiddelde relatieve opbrengst per m² kroonoppervlak minder sterk wordt beïnvloed door de aanwezigheid van een slechte laag dan de gemiddelde relatieve opbrengst per ha. De gemiddelde beplantingsdichtheid daarentegen verschilt weer sterk. Uit de verschillen in beplantingsdichtheid kan geconcludeerd worden dat de groei van de bomen op de proefplekken met een slechte laag veel minder aan de verwachtingen heeft voldaan dan op de proefplekken waar een dergelijke laag ontbreekt. Hierdoor is de opbrengst per ha ongunstig beïnvloed. Doordat de gemiddelde opbrengst per m² kroonoppervlak veel minder sterk wordt beïnvloed dan de boomgrootte, is het mogelijk de ongunstige invloed van een slechte laag op de opbrengst per ha voor een belangrijk deel te compenseren door dichter planten.

5.2.2 Beworteling

Op iedere proefplek is een bewortelingsopname gemaakt volgens de methode, die door Butijn (1955) uitvoerig is beschreven. Hiertoe werd op iedere proefplek een profielkuil van 2 m lengte gegraven langs één der diagonale lijnen, die in een rechthoek van vier bomen kan worden getrokken. Deze profielkuilen begonnen op 40 cm van de proefboom. De wortels op de verticale profielwand zijn met behulp van een mes blootgelegd, waarna de plaats en dikte op schaal 1 : 10 zijn uitgezet of millimeterpapier.

Volgens tabel 15 is het aantal getelde wortels op de proefplekken met een slechte laag wiskundig betrouwbaar lager dan op de proefplekken zonder een dergelijke laag.

Table 15. Gemiddelde beworteling van Jonathan op zware rivierklei met en zonder een slechte laag.

	Met slechte laag With bad horizon (n = 12)	Zonder slechte laag Without bad horizon (n = 18)
Aantal wortels op een profielwand van 2m lengte		
Number of roots on a profile pit wall of 2 m	236	331**
Idem, in de laag 0-60 cm beneden maaiveld		
Do., for the layer 0-60 cm below surface	214	269*
Bewortelingsdiepte in cm beneden maaiveld		
Rooting depth in cm below surface	66	82*

Table 15. Number of roots and rooting depth of Jonathan trees on fine-textured river-clay soils with and without a horizon of bad structure.

Hetzelfde geldt voor het aantal wortels in de bovenste 60 cm en voor de bewortelingsdiepte. De slechte laag heeft duidelijk het wortelstelsel nadelig beïnvloed.

5.2.3 Grondwaterhuishouding

We hebben reeds opgemerkt dat de slechte lagen in natte toestand weinig doorlatend zijn. Op een aantal proefplekken is nagegaan in hoeverre dit in de grondwaterstanden tot uiting komt. Daartoe zijn op 21 proefplekken regelmatig de grondwaterstanden opgenomen. Als karakterisering van de grondwaterhuishouding zijn berekend de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en de mate van fluctuatie (Van Heesen & Westerveld, 1966). De GHG is berekend door het gemiddelde te nemen van de hoogste drie grondwaterstanden, die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) zijn gemeten. De gemiddeld hoogste grondwaterstanden van de verschillende hydrologische jaren worden op hun beurt weer gemiddeld om de GHG te verkrijgen. De berekening van de GLG geschiedt op overeenkomstige wijze. Het verschil tussen GHG en GLG is een maat voor de fluctuatie (F) van het grondwater. Het is op twee wijzen weergegeven: in centimeters en in procenten van de GLG. Het percentage is belangrijk voor het nagaan van de reactie van de vruchtbomen op de grondwaterhuishouding. Het maakt namelijk voor de vruchtbomen een groot verschil of de fluctuatie van het grondwater zich bijvoorbeeld afspeelt tussen 75 tot 100 cm of tussen 25 tot 50 cm. In het eerste geval zit maar 25% van het boven de GLG gelegen deel van het profiel periodiek in het grondwater. In het tweede geval echter, 50%, terwijl de fluctuatie in centimeters gelijk is.

De GLG van de proefplekken blijkt te variëren van 57 tot 133 cm, terwijl de fluctuatie uiteenloopt van 32 tot 125 cm en van 34 tot 100%.

Vrijwel alle in het onderzoek betrokken percelen zijn gedraineerd, terwijl een aantal ook onderbemalen wordt. Komen boven de drains echter slecht doorlatende lagen voor, dan wordt de afvoer van het regenwater naar de drains sterk vertraagd, wat bij veel regen een sterke grondwaterstijging tot gevolg kan hebben.

Tabel 16. Grondwaterhuishouding van de proefplekken met Jonathan op zware rivierklei met en zonder een slechte laag.

	Met slechte laag With bad horizon (n = 9)	Zonder slechte laag Without bad horizon (n = 12)
Gemiddelde hoogste grondwaterstand (cm)		
Mean highest watertable (cm)	24	43*
Gemiddeld laagste grondwaterstand (cm)		
Mean lowest watertable (cm)	94	105
Fluctuatie/Fluctuation (cm)	70	63
Fluctuatie/Fluctuation (%)	75	60*

Table 16. Watertable in trial plots of Jonathan trees on fine-textured river-clay soils with and without a horizon of bad structure.

Bij de verticale stroming van water door slecht doorlatende lagen treedt veel potentiaalverlies op, meer naarmate de lagen slechter doorlatend zijn (Van Hoorn, 1960). Dit potentiaalverlies kan men registreren door een grondwaterstandsbuis juist op een slechte laag te plaatsen (ondiepe buis) en een tweede buis door deze laag heen (diepe buis). Het potentiaalverlies wordt dan weergegeven door het verschil in grondwaterstand tussen beide buizen. Op alle proefplekken met slechte lagen zijn periodiek de bovengenoemde verschillen gemeten.

Uit tabel 16 blijkt dat de proefplekken met een slechte laag een ongunstiger grondwaterhuishouding hebben. Het grondwater fluctueert sterker, terwijl het periodiek ook hoger in het profiel stijgt dan op de proefplekken waar zo'n laag ontbreekt.

5.2.4 Grondwaterstand, beworteling en onderstam

De bewortelingsdiepte van de vruchtbomen op de proefplekken wordt in sterke mate bepaald door de gemiddeld laagste grondwaterstand. Dit blijkt duidelijk uit figuur 19, die goed in overeenstemming is met wat andere onderzoekers (o.a. Rogers & Booth, 1960; Butijn, 1961) reeds constateerden.

Er is een wiskundig betrouwbare negatieve correlatie tussen het totaal aantal getelde wortels en de mate van fluctuatie van het grondwater in % van de GLG ($r = -0,67^{**}$). Tussen GLG en het totaal aantal getelde wortels is geen wiskundig betrouwbaar verband gevonden ($r = +0,17$).

Opmerkelijk is het verschil in bewortelingsdiepte (significant bij onbetrouwbaarheid 0,1%) tussen de proefplekken met Jonathan op sterke onderstam (58 cm) en de proefplekken met Jonathan op matig sterke onderstam (81 cm). De telers hebben bij voorkeur sterke onderstammen op bodemkundig en waterhuishoudkundig minder gunstige percelen geplant. Op deze percelen verwachtte men een zwakkere groei van de vruchtbomen, wat men wilde compenseren met sterkere onderstammen.

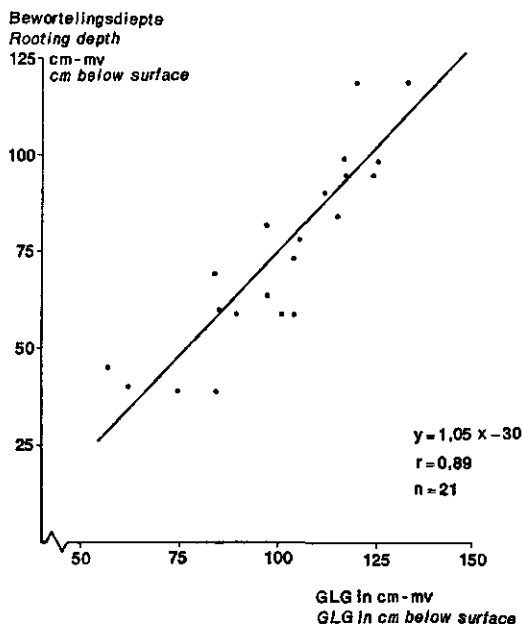


Fig. 19. Het verband tussen de bewortelingsdiepte van Jonathan en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) van zware rivierkleigronden.

Fig. 19. Relation between rooting depth of Jonathan trees and the mean lowest watertable (GLG) of fine-textured river-clay soils.

5.2.5 Conclusie

Op de zware rivierkleigronden komen binnen 80 cm lagen met slechte structuur voor (laklagen, oude begroeiingshorizonten). Deze lagen bestaan uit grote enkelvoudige of samengestelde gladde prismatische elementen met weinig grote poriën. In natte toestand zwellen ze dicht en worden ze slecht doorlatend. Hierdoor neemt de fluctuatie van het grondwater toe, wat de beworteling nadelig beïnvloedt. Uit andere onderzoeken (De Bijl, 1965; Segeren & Visser, 1969) is eveneens bekend dat een grote fluctuatie van het grondwater de ontwikkeling van vruchtbomen ongunstig beïnvloedt.

Uit het onderzoek is duidelijk naar voren gekomen dat de grond veel meer invloed heeft op de boomgrootte dan op de opbrengst per m² vruchtdragend oppervlak. Hieruit volgt dat men door dicht te planten een mogelijkheid heeft om de invloed van ongunstige bodemfactoren op de opbrengst in kg/ha in volwassen boomgaarden voor een belangrijk deel te compenseren. Ook bij toepassing van nieuwe plantsystemen en nieuwe boomvormen kan men verwachten dat de bij dit onderzoek gevonden relatie tussen grond, plantdichtheid en opbrengst per ha aanwezig is.

Bij het bodemgeschiktheidsonderzoek in de fruitteelt dient daarom veel aandacht te worden geschonken aan de omvang van de volwassen vruchtbomen op de te onderzoeken gronden. Via de boomomvang kan men dan komen tot de plantafstanden die op de betreffende grond tot een optimale beplantingsdichtheid voert, wat weer nodig is voor een optimale opbrengst per ha.

6 Bodemgeschiktheidsonderzoek bij vroege stooktomaten

6.1 Inleiding

Voor de vollegrondsteelt van tomaten is ons klimaat eigenlijk niet geschikt. De vruchten rijpen vaak slecht af en de kwaliteit laat meestal te wensen over. De teelt in kassen heeft echter een grote vlucht genomen. De tomaten vormen thans (ruim 3300 ha in 1970) het belangrijkste groentegewas onder glas. De meeste kassen worden verwarmd (2380 ha). Deze zogenaamde stooktomatenteelt is zeer intensief. De produktiekosten bedragen volgens het Landbouw-Economisch Instituut ongeveer 200 000 gulden per ha.

Tot kort na de tweede wereldoorlog kwam de aard van de grond veel meer in de opbrengst tot uiting dan thans. Van Liere (1948), die kort na de tweede wereldoorlog voor het Westland de mogelijkheden van de verschillende gronden voor de teelten onder glas heeft nagegaan, baseerde zich dan ook vooral op de bodemstructuur. Gronden met een diep, open structuur en daardoor diep en intensief bewortelbaar, werden hoog gewaardeerd. Vooral de goed ontwaterde, lichtere gronden waren in die tijd, toen veel kassen nog niet werden verwarmd, favoriet. Het waren gronden waar de gewassen vroeg in het voorjaar begonnen met hun groei, wat resulteerde in een vroege oogst met hoge prijzen. Slecht ontwaterde kleigronden, met als gevolg hiervan een dichtere structuur, werden daarentegen ongeschikt voor de glasteelten bevonden.

Thans zijn de kassen gedraineerd, eventueel met onderbemaling. Vaste beregeningsinstallaties zijn algemeen. Bovendien is het water geven vaak in sterke mate geautomatiseerd. Grote hoeveelheden organisch materiaal worden gegeven om de structuur van de grond te verbeteren of op peil te houden. In toenemende mate wordt hiervoor doorvroren zwartveen, tuinturf genaamd, gebruikt (Egberts & Van der Kloes, 1960; Van der Boon et al., 1965). Voorts is het percentage van de kassen dat verwarmd wordt sterk gestegen en is het planten meer naar de wintermaanden verschoven.

Ook de toegenomen kennis van de invloed van het kasklimaat op de groei van de tomaat en de grotere mogelijkheden van regeling van het kasklimaat (Strijbosch, 1966; Strijbosch & Bol, 1965; Vijverberg & Strijbosch, 1968; Germing, 1969; Klapwijk, 1971) draagt ertoe bij dat de tuinder zich steeds beter met zijn teeltmaatregelen kan aanpassen aan de bodemkundige eigenschappen van de grond. Hierdoor komt de invloed van de grond steeds minder duidelijk in de opbrengst tot uiting. Verdroging, verzouting en wateroverlast bijvoorbeeld, behoeven bij een goede bedrijfsvoering niet meer voor te komen.

Deze veranderingen hebben hun consequentie voor de bodemgeschiktheids-

classificatie. Strijbosch (1960a) en Van Dam (1962) hebben er op gewezen, dat de geschiktheidsclassificatie voor de groenteteelt onder glas volgens andere normen moet geschieden dan voor de vollegrondsteelten. Zo is droogtegevoeligheid voor de teelten onder glas van veel minder belang dan voor vollegrondsteelten. Daarentegen is een homogene bodemgesteldheid binnen één bedrijf van groot belang in verband met de bedrijfsvoering en de steeds verder gaande automatisering. Voor een aantal gronden in Zuid-Holland heeft Strijbosch (1960b, 1960c) de mogelijkheden voor de groenteteelt onder glas besproken, waarbij vooral aandacht is geschonken aan de beperkingen van deze gronden en de maatregelen waarmee deze beperkingen in meerdere of mindere mate kunnen worden opgeheven. Op deze wijze werd een rangorde naar bodemgeschiktheid vastgesteld.

Het beoordelen en aangeven van de bodemkundige beperkingen maakt thans een belangrijk onderdeel uit van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de groenteteelt onder glas. Immers, de telers geven er steeds meer de voorkeur aan hun bedrijven binnen een goed functionerend tuinbouwcentrum te vestigen. Is de grond van nature minder geschikt, dan worden de kosten van grondverbetering en van compenserende teeltmaatregelen steeds minder bezwaarlijk, omdat zij ruimschoots vergoed worden door de voordelen van het telen in een centrum.

6.2 Verslag van onderzoek

Van 1960 t/m 1962 is een proefplekkenonderzoek uitgevoerd bij vroege en middel-vroege stooktomaten in verschillende teeltcentra in ons land om de mogelijkheden van de verschillende gronden voor de stooktomatenteelt na te gaan.

De geldelijke resultaten bij de stooktomatenteelt worden vooral bepaald door de vroegheid van de oogst en de totale gewichtsopbrengst (Meijaard, 1965). Aan deze twee facetten van de opbrengst is bij het onderzoek dan ook veel aandacht besteed (Van Dam, 1967; Van Dam & Van der Knaap, 1968 en 1969). De resultaten bij de tomatenteelt worden behalve door de bedrijfsvoering beïnvloed door talrijke andere factoren. Verhaegh (1972) noemt onder meer kastype, koolzuurgasdosering, brandstofverbruik en plantdatum. Verschillen in vroegheid van de oogst, veroorzaakt door verschillen in plantdatum en brandstofverbruik, zijn geëlimineerd om de invloed van de grond op de vroegheid van de oogst te kunnen vaststellen. Ten tijde van het onderzoek vond bij de tomatenteelt nog geen koolzuurdosering plaats.

De proefplekken lagen verder op goedgeleide bedrijven en in moderne kassen. Regelmatig lieten de betreffende tuinders grondonderzoek verrichten ter advisering bij de bemesting. Bij het proefplekkenonderzoek is er dan ook van uitgegaan dat de bemesting in orde was. Verhaegh (1972) vermeldt verder dat er over een reeks van jaren gezien, in Nederland weinig verschil in de hoeveelheid licht is tussen de belangrijke teeltgebieden van tomaat, met uitzondering van een smalle strook langs de kust, waar het hoger is. Dit wil niet zeggen dat in een bepaald jaar het daglichtniveau tussen gebieden niet uiteen kan lopen. Bij ons onderzoek hebben wij hiermee geen rekening gehouden.

In alle kassen die aan het onderzoek deelnamen, waren al eerder tomaten geteeld. Per kas zijn twee proefplekken aangelegd, bestaande uit twaalf planten, waarvan twee als reserve.

In 1960 zijn de tomaten geplant op 3 of 4 februari. In 1961 liep de plantdatum uiteen van 13 januari tot 10 februari. In 1962 is de invloed van de bodemgesteldheid op de teeltresultaten nagegaan bij een nog vroegere plantdatum. Er is toen geplant in de periode 4-25 januari. Het onderzoek is toen beperkt gebleven tot het Zuidhollands glasdistrict, omdat in 1962 alleen in dit gebied in een voldoende aantal kassen zo vroeg werd geplant.

Weliswaar zijn in 1962 ook proefplekken aangelegd in een aantal kassen in Sappemeer en Erica. Maar de gemiddelde plantdatum lag daar drie weken later, zodat de teeltresultaten niet goed vergelijkbaar waren met die van het Zuidhollands glasdistrict. Dit deel van het onderzoek blijft daarom buiten beschouwing.

6.2.1 De aard van de gronden

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de belangrijkste centra voor de stooktomatenteelt in Nederland. Dit had tot gevolg dat de proefkassen op uiteenlopende gronden kwamen te liggen. Het aantal proefkassen moest evenwel beperkt gehouden worden. Om voldoende proefkassen per bodemeenheid te krijgen, waren we genoodzaakt een globale indeling te hanteren. Voor dit onderzoek heeft goed voldaan een indeling die gebaseerd is op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200000 (tabel 17). Een aantal eenheden van de jonge en oude zeekleigronden van deze bodemkaart met overeenkomstige textuur en humusgehalte zijn bij onze indeling samengevoegd. Dit geldt ook voor de lage en middelhoge oudere dalgronden.

Voor het onderzoek was het belangrijk dat de textuur uit de indeling duidelijk naar voren kwam, wat bij de gebruikte indeling inderdaad het geval is. De textuur heeft namelijk een belangrijke invloed op de hierna te bespreken 'groeikracht' van de gronden. Deze 'groeikracht' is van groot belang voor de stooktomatenteelt.

6.2.2 De grondwaterhuishouding

Per kas en per bodemeenheid zijn in figuur 20 de gemiddelden van de hoogste drie en van de laagste drie waargenomen grondwaterstanden weergegeven. Van enige kassen zijn van 1960 alleen de gemiddelde waargenomen grondwaterstanden weergegeven, omdat het aantal waarnemingen te gering was om bovengenoemd onderscheid te maken. Het blijkt dat in de meeste kassen zowel op de klei- als op de overige gronden waterstanden zijn gemeten die tussen 50 en 100 cm liggen. Diepe grondwaterstanden zijn gemeten in een aantal kassen op de oude bouwlandgronden en de lichte rivierriviergronden.

Opgemerkt wordt dat de meeste kassen op de kleigronden gedraineerd zijn en dat sommige daarvan een putbemaling hebben. Alle kassen in de tuinbouwvestiging

Tabel 17. Tuinbouwcentra en gronden (eenheden en nummers gebaseerd op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200 000) met gegevens over het humusgehalte en de textuur, en de jaren van onderzoek.

No.	Centrum/Centre	Eenheden/Soil units	Jaren Years	Nummers Numerals	A-horizont (%) A horizon (%)	
					humus clay	loom particles < 50 μ m
1	Leidschendam	strandwalgronden	1960/62	127	3-6	<3-5
2	Leidschendam	beach bank soils				
2	Loosduinen	strandwalgronden	1961	127	3-6	<3-5
3	Loosduinen	beach bank soils				
3	Hoogerzand-Sappemeer	oudere dalgronden	1961	95,98	15-30	<3-16 0,5-28
4	Hoogerzand-Sappemeer	older peat reclamation soils				
4	Emmen	jongere dalgronden	1960	96	5-14	12-15
5	Emmen	younger peat reclamation soils				
5	Breda	ouda bouwlandgronden	1960/61	106	4-6	20-40
6	Breda	old arable land soils				
6	Venlo	lichte rivierterrasgronden	1960/61	74	5-9	6-10 28-40
7	Venlo	coarse-textured river-terrace soils				
7	Vleuten	sterk zandige tot lichte afgegraven rivierkleigronden ¹	1960/61	155	4-10	13-34
8	omgeving van Amsterdam	excavated, very sandy to light younger river clay soils ¹				
8	surroundings of Amsterdam	humusrijke en venige oude zeekelegronden	1960	63	13-30	15-40
9	Zuidhollands glasdistrict	humus-rich and peaty old sea clay soils				
9		humeuze, matig zandige en lichte jonge en oude zeekelegronden				
10	South-Holland glassdistrict	humose, moderately sandy and light, young and old sea clay soils	1960/61	8,25,55,57,58	3,5-10	18-35
10	idem	humeuze, lichte jonge en oude zeekelegronden				
11	ibidem	humose, light young and old sea clay soils	1962	8,25,55,58	4-10	25-33
11	idem	humeuze, matig zandige jonge en oude zeekelegronden				
12	ibidem	humose, moderately sandy young and old clay soils	1962	8,25, 55, 58	5-10	18-25
12	idem	humusrijke, matig zandige oude zeekelegronden				
12	ibidem	humus-rich, moderately sandy old sea clay soils	1962	58	10-15	20-25

1. Sterk zandige kleigronden (12-17½ % lutum), matig zandige kleigronden (17½-25 % lutum) en lichte kleigronden (25-35 % lutum).
Very sandy clay soils (12-17½ % clay), moderately sandy clay soils (17½-25 % clay) and light clay soils (25-35 % clay).

Table 17. Horticultural centres, soil units (soil units and numerals based on the soil map of the Netherlands 1:200 000) with data of humus content and texture and the years of investigation.

Fig. 20. Gemiddelde hoogste (H) en gemiddelde laagste (L) grondwaterstanden in de kassen voor onderzoek bij stooktomaten.

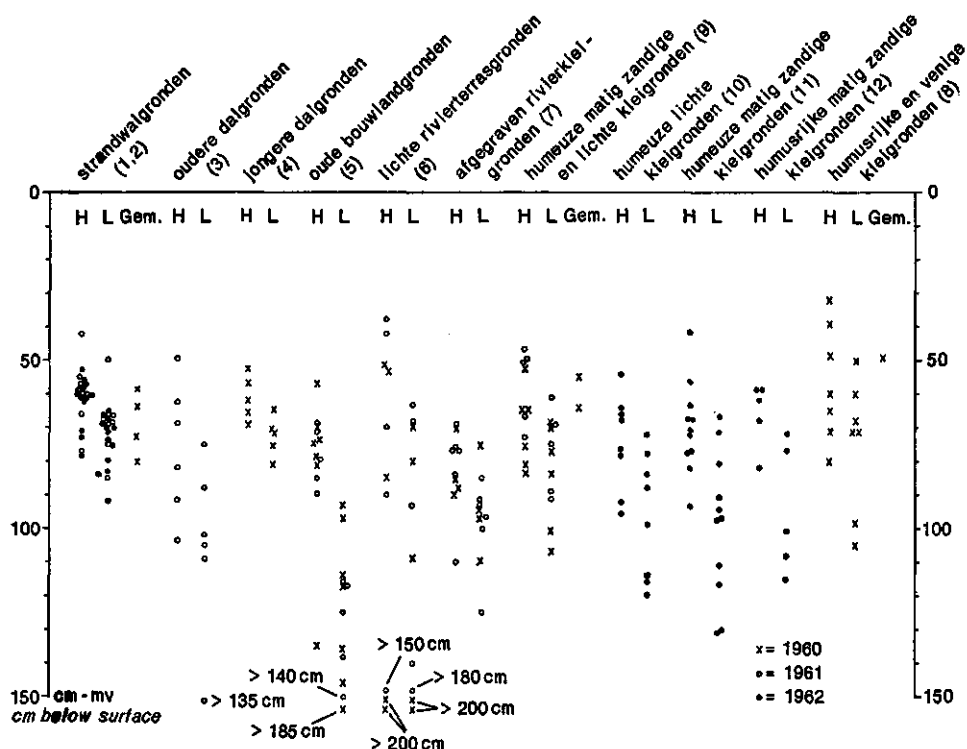


Fig. 20. Mean highest (H) and mean lowest (L) watertables in soils of the greenhouses (for numerals in the top of the figure, see table 17).

Erica (Emmen) waren gedraineerd. Op de overige, goed doorlatende gronden waren de kassen meestal niet gedraineerd.

De fluctuatie van het grondwater (F) is uitgedrukt in het percentage dat aangeeft hoeveel procent het verschil tussen de gemiddeld laagste (L) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (H) bedraagt ten opzichte van de gemiddeld laagste grondwaterstand ($F = (L - H/L) \times 100$). De afkortingen GHG en GLG (zie 5.2.3) worden alleen gebruikt wanneer de gemiddelden betrekking hebben op meerdere aangesloten jaren. Van sommige kassen is de fluctuatie niet berekend, omdat te weinig waarnemingen verricht waren om op verantwoorde wijze een gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand te berekenen. In enkele kassen was het niet mogelijk omdat het grondwater tijdens het groeiseizoen zo diep wegzakte, dat de grondwaterstandsbuizen droog kwamen te staan.

In figuur 21 is van de kassen op kleigronden de fluctuatie van het grondwater per kas uitgezet tegen de gemiddeld laagste grondwaterstand. Hetzelfde is in figuur 22 gedaan van de kassen op de overige gronden. In beide figuren zien we dat de fluctuatie vaak toeneemt bij lagere grondwaterstanden. Dit lijkt met elkaar in tegenspraak. De kas-

Fig. 21. Grondwaterstand van kassen op zandige en lichte kleigronden.

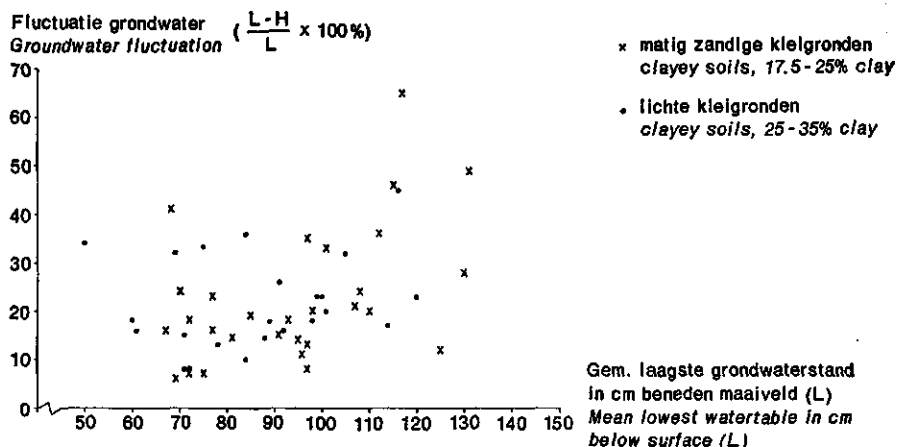


Fig. 21. Watertable data from differently textured clay soils in greenhouses.

Fig. 22. Grondwaterstand van kassen op lutumarme gronden.

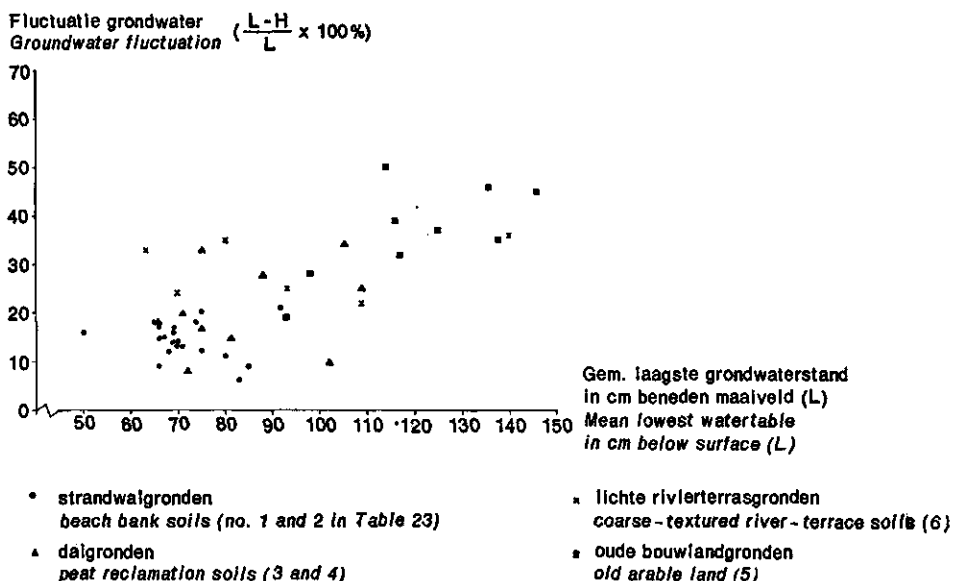


Fig. 22. Watertable data from coarse-textured soils in greenhouses.

sen met diepere grondwaterstanden zijn echter vaak niet gedraineerd. Bovendien staan zij vaak in gebieden, waar de grondwater- en slootwaterstanden minder goed beheerst kunnen worden dan in de polders in het westen van ons land. Tussen beide figuren is veel overeenkomst. Zo zijn de grenzen van L en van de fluctuatie in beide figuren ongeveer gelijk. Ook tussen de zandige en lichte kleigronden zijn geen kenmerkende verschillen.

Opvallend is de geringe fluctuatie van het grondwater in de strandwalgronden.

6.2.3 *Vroegheid van de oogst*

6.2.3.1 De verschillende gronden

De vroegheid van de oogst is belangrijk voor de financiële uitkomsten voor de stooktomatenteelt (Meijaard, 1965). De kg-prijzen dalen naarmate de aanvoer van tomaten in de loop van het oogstseizoen groter wordt. De vroegheid van de oogst wordt in sterke mate beïnvloed door de vruchtzetting van de eerste bloemtrossen. Is deze slecht, dan betekent dit een verlating van de oogst. Nu begint de stooktomatenteelt wat het weer betreft in een zeer ongunstige periode. Dit geldt in het bijzonder voor de tomaten die in december en januari worden geplant. De dagen zijn dan kort en de lichtintensiteit is gering. Dit heeft tot gevolg, dat de onderste bloemtrossen zich vaak slecht ontwikkelen, wat resulteert in een slechte vruchtzetting. Het is niet economisch verantwoord dit te ondervangen door bijbelichting van de planten. Soms wordt wel kunstlicht gebruikt bij de opkweek van de tomatenplanten. De duur van de opkweek kan hierdoor met enkele weken worden verkort (Verkerk, 1962).

Het zal duidelijk zijn dat het kastype van invloed is op de teeltresultaten. Moderne kassen, die veel licht doorlaten, verdienen voor deze teelt sterk de voorkeur.

Om de vroegheid van de oogst van de verschillende kassen met elkaar te kunnen vergelijken, is uitgegaan van de totale opbrengst die tot een bepaalde datum is geoogst. Om de opbrengsten op de proefplekken snel te kunnen bepalen, is een speciale methode ontwikkeld. Deze methode berust op het enige malen tellen van de gezette, oogstbare en reeds geoogste vruchten per tros per plant tijdens het oogstseizoen en het meten van de eerst oogstbare vruchten.

De vroegheid van de oogst wordt weergegeven als relatieve vroegheid: de opbrengst die tot en met een bepaalde datum is geoogst, wordt uitgedrukt in procenten van de gemiddelde opbrengst van alle proefkassen tot en met deze datum. Van te voren heeft dan een correctie plaatsgevonden op verschillen in plantdatum. De opbrengsten waarop de vroegheid is gebaseerd, bedragen gemiddeld ongeveer 20% van de totale opbrengst. De methode om snel de opbrengsten te kunnen bepalen en het weergeven van de vroegheid van de oogst zijn uitvoerig beschreven door Van Dam & Van der Knaap (1967).

Figuur 23 toont van de jaren 1960, 1961 en 1962 de vroegheid van de oogst per kas van de verschillende oogstjaren. Er blijkt per grond een grote spreiding in vroegheid te zijn. Voorts blijkt uit deze figuur dat op de meeste gronden kassen voorkomen die vroeg zijn met de oogst. Het is blijkbaar mogelijk onafhankelijk van de grondsoort vroeg te zijn met de oogst. Vergelijken wij de verschillende jaren met elkaar, dan valt het volgende op. In 1960 en 1961 zijn de strandwalgronden gemiddeld vroeger met de oogst dan de kleigronden (uitgezonderd de afgegraven rivierkleigronden in 1960), in 1962 zien wij echter het tegenovergestelde.

Ook wat betreft de vruchtzetting van de eerste trossen vertonen deze gronden verschillen (fig. 24). In 1961 was de zetting van de eerste trossen op de twee onderscheiden gronden vrijwel gelijk (van 1960 kon de vruchtzetting per tros niet gegeven

Fig. 23. De vroegheid van de tomatenoogst per kas in 1960, 1961, en 1962. De gemiddelde vroegheid van alle kassen is op 100 % gesteld (— = gemiddelde vroegheid per bodemeenhed).

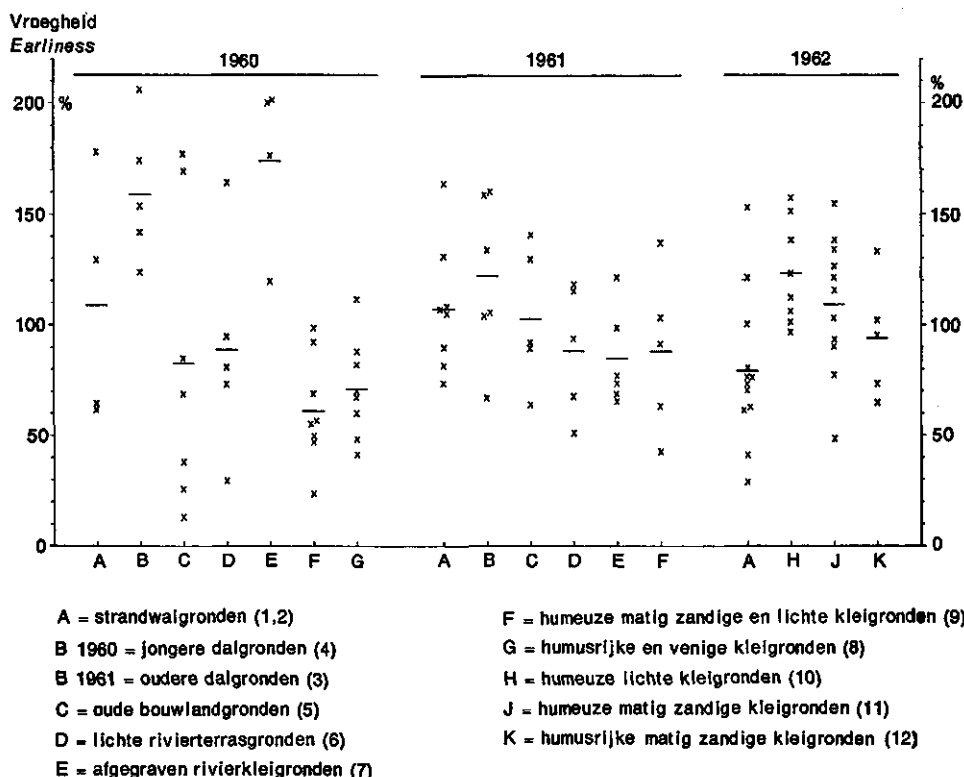


Fig. 23. Earliness of the tomato harvest per greenhouse in 1960, 1961 and 1962. The average earliness of all greenhouses in 100 % (— = average earliness for each soil unit).

worden, omdat toen alleen de aantallen gezette vruchten per plant werden geteld). In 1962 echter was de zetting van de eerste trossen op de strandwalgronden veel slechter.

Wij hebben reeds opgemerkt dat de vruchtzetting van de eerste trossen bij de vroege stooktomaten nogal eens te wensen overlaat. Dit is vooral het geval naarmate de tomaten vroeger geplant worden en zij vegetatief harder groeien. Nu is de vegetatieve groei op de strandwalgronden sterker dan op de kleigronden. De praktijk (Groenewegen, 1963) spreekt wel van 'groeikrachtige' en 'minder groeikrachtige' gronden.

Hoewel in 1961 de zetting van de eerste trossen op de twee onderscheiden gronden vrijwel gelijk was, bleek door de grotere groeisnelheid de oogst op de strandwalgronden vroeger te zijn dan op de matig zandige en lichte kleigronden. In 1962 waren de tomaten op de proefplekken gemiddeld veertien dagen eerder geplant dan in 1960 en 1961. Vorming, bloei en zetting van de eerste bloemtrossen vonden toen onder ongunstiger omstandigheden plaats dan in de voorgaande jaren. De groeikrachtige

Fig. 24. Gemiddeld aantal tomaten per tros.

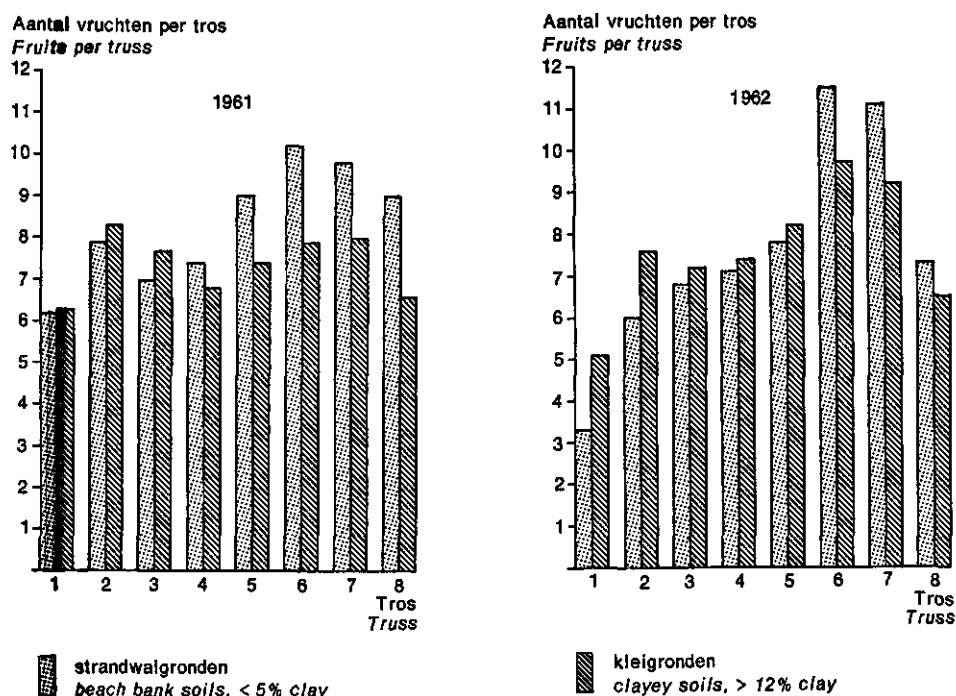


Fig. 24. Average number of tomatoes per truss.

strandwalgronden waren toen duidelijk in het nadeel ten opzichte van de kleigronden, waarop de gewassen zich rustiger en stugger ontwikkelden. Bovendien gingen de meeste tuinders op de strandwalgronden, toen bleek dat de zetting van de eerste trossen tegen viel, de verwarming temperen. Met deze maatregel hoopte men de vegetatieve groei van de tomaten af te remmen ten gunste van de vruchtzetting.

Het getemperde stoken vertraagde echter ook de oogst. Opvallend is dat in 1962 op enige proefplekken op de strandwalgronden toch vroege oogsten worden behaald. Uit nader onderzoek bleek dat de kassen sterker waren verwarmd en bovendien veel meer waren gelucht. De betekenis hiervan op de vroegheid van de oogst zal hierna worden uiteengezet.

Wat is opgemerkt over de strandwalgronden, geldt ook in meerdere of mindere mate voor de andere lichte gronden. Zo vallen de dalgronden eveneens op door hun vroege oogst. De oude bouwlandgronden en de lichte terrasgronden nemen een tussenpositie in, wat samenhangt met de textuur. Ze bevatten meer leem (deeltjes < 50 μ m), terwijl de lichte rivierterrasgronden bovendien 6 à 9% lutum bevatten, waardoor ze minder groeikrachtig zijn.

Om beter inzicht te krijgen in de teeltmaatregelen die ter bevordering van de vroegheid op de verschillende gronden genomen kunnen worden, zal nader ingegaan

worden op de bodemkundige eigenschappen die de bodemhoedanigheid 'groeikracht' bepalen.

6.2.3.2 De groeikracht

In de praktijk spreekt men van een groeikrachtige grond, wanneer de planten op deze grond van nature snel groeien. De snelle groei blijkt samen te hangen met de opneembaarheid van het water door de wortels. Verschillende onderzoekers (Slatijer, 1961; Brix, 1962; Brouwer, 1963; Bierhuizen & De Vos, 1959) hebben aangetoond dat de groeisnelheid toeneemt, naarmate het water gemakkelijker door de wortels kan worden opgenomen. Het water is gemakkelijk opneembaar voor de plant wanneer:

1. de zoutconcentratie van het bodemvocht laag is,
2. het water niet sterk gebonden is aan de grond,
3. het capillair geleidingsvermogen voldoende hoog is,
4. het luchtgehalte van de grond voldoende hoog is,
5. de bodemtemperatuur voldoende hoog is.

Als minimum luchtgehalte voor een goede groei wordt vaak 10% aangehouden (Gable, 1966). Deze auteur noemt echter verschillende uitzonderingen op deze regel. Boekel (1963, 1966) wijst er voorts op dat voor een goede diffusie van O_2 en CO_2 op zandgronden een hoger luchtgehalte nodig is dan op kleigronden. Dit zou samenhangen met de vorm en kronkeligheid van de poriën.

Uit figuur 25 volgt dat zandgronden reeds bij een lage pF meer lucht bevatten dan kleigronden. Voorts is bij zandgronden het grootste deel van het water veel minder sterk gebonden dan bij kleigronden. Brouwer & Claes (1961) schrijven de verschillen in vegetatieve ontwikkeling van de gewassen op de zand- en kleigronden toe aan het verschil in zuigspanning, waarmee het water op de zand- en kleigronden gemiddeld

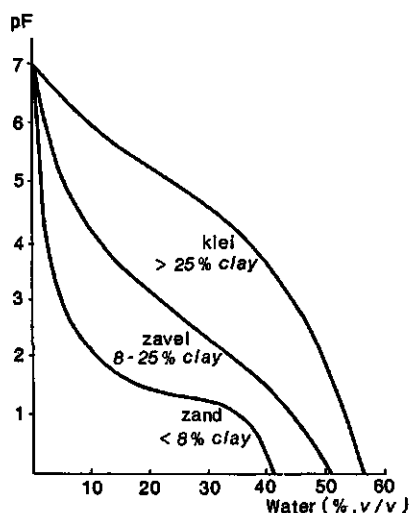


Fig. 25. pF-curven van enige Nederlandse gronden. (Laboratoriumbepalingen van het Inst. voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.)

Fig. 25. pF curves of some Dutch soils. (Laboratory data from the Netherlands Institute for Land and Water Management Research, Wageningen.)

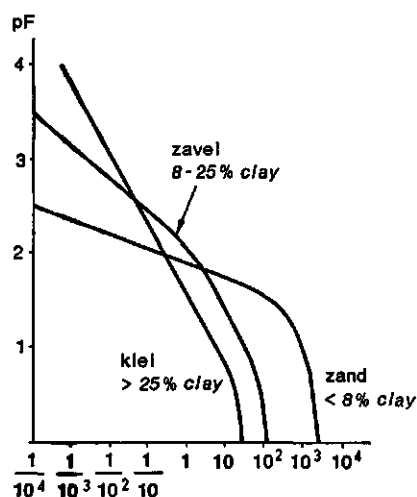


Fig. 26. Het capillair geleidingsvermogen in afhankelijkheid van de vochtspanning (after Wind, 1960).

gedurende het groeiseizoen aan de grond is gebonden. Ook de toestroming van het water naar de wortels of de toestroming vanuit het grondwater naar de bewortelde lagen gaat in het lage pF-traject bij de zandgronden veel sneller dan bij de kleigronden. Dit volgt uit figuur 26, waar het capillair geleidingsvermogen uitgezet is tegen de pF. Zorgt men voor een voldoende hoge grondwaterstand (d.w.z. een grondwaterstand waarbij de zuigspanningen laag zijn), dan kunnen de planten op de zandgronden veel gemakkelijker water opnemen dan die op de kleigronden, of anders gezegd de groeikracht van zandgronden is groter dan die van kleigronden.

Het zal duidelijk zijn dat binnen de zand- en kleigronden ook grote verschillen in groeikracht kunnen voorkomen. De pF-curve en het capillaire geleidingsvermogen worden bepaald door de poriënverdeling van de grond, die op haar beurt weer afhankelijk is van de textuur en de structuur. Zo zal de groeikracht van zandgronden in het algemeen bij een voldoende hoge grondwaterstand afnemen naarmate zij fijnzandiger zijn en het leemgehalte toeneemt. Bij kleigronden zal de groeikracht afnemen, naarmate de structuur dichter wordt.

De mate van opneembaarheid van het bodemwater hangt samen met het mechanisme van het watertransport in de plant. Verschillende onderzoekers (Gardner, 1960, 1964; Cowan, 1965; Rijtema, 1965; Feddes, 1971) verklaren het watertransport in de plant met de potentiaaltheorie. Onder de potentiaal van het water wordt verstaan de potentiële energie die het water heeft ten opzichte van een bepaald referentieniveau. Hiervoor wordt meestal gebruikt het zogenaamde vrije water, dat wil zeggen, het water onder druk van 1 atmosfeer. Het water stroomt in de richting waar de potentiaal van het water afneemt. De hoeveelheid water (v) die per tijdseenheid stroomt, is recht evenredig met het potentiaalverval ($\phi_1 - \phi_2$). In formule uitgedrukt: $v = (\phi_1 - \phi_2)/r$, waarbij r de weerstand is die het water bij de verplaatsing ondervindt. Verdampst een

plant water, dan stroomt er water vanuit de grond naar de bladeren. Dit komt omdat de potentiaal van het water in het blad, de zogenaamde bladpotentiaal, lager is dan de potentiaal van het water in de grond. We kunnen ook zeggen dat de zuigspanning van het water in het blad groter is dan de som van de zuigspanning waarmee het water in de grond wordt vastgehouden en de zuigspanning die nodig is om het hoogteverschil te overbruggen.

Naarmate de zuigspanning van de grond groter is, zal de zuigspanning van het blad groter moeten zijn om onder overigens gelijke omstandigheden een zelfde hoeveelheid water per tijdseenheid door de plant naar de bladeren te laten stromen. Nu gaat een hogere zuigspanning in het blad gepaard met een lagere turgordruk. De turgordruk heeft weer een grote invloed op de celstrekking (Slatijer, 1967). Neemt de turgordruk af, dan strekken de cellen zich minder, waardoor de vegetatieve groei afneemt. Het blijkt verder, dat de celstrekking veel eerder door een afnemende turgordruk wordt beïnvloed dan de celdeling. Wij zien dan ook dat bij een hogere zuigspanning in de grond de planten steviger, 'minder waterig' opgroeien. Ook het drogestofgehalte van de planten blijkt dan, onder overigens gelijke omstandigheden, hoger te zijn dan van de planten die het water gemakkelijker kunnen opnemen. Een hoger drogestofgehalte is vooral in de lichtarme perioden, wanneer de assimilatie gering is, gunstig voor de bloemvorming en vruchtzetting en dus ook voor de vroegheid van de oogst. Later in het seizoen, bij meer licht, geeft de vruchtzetting bij de tomaten minder moeilijkheden. Dan is een grotere groeikracht alleen maar gunstig, omdat die een sterke groei geeft ten gunste van de opbrengst.

Willen we op groeikrachtige gronden in lichtarme perioden een stevig tomatengewas opkweken dat minder moeilijkheden bij de vruchtzetting geeft, dan kan dat door:

1. de assimilatie te bevorderen,
2. de wateropname te bemoeilijken,
3. de verdamping van het gewas te bevorderen.

Gunstig voor de assimilatie zijn kassen met een hoge lichttransmissie. Moderne, veel licht doorlatende kassen verdienen dan ook voor de vroege stooktomatenteelt sterk de voorkeur, in het bijzonder voor de teelt op groeikrachtige gronden. Gaastra (1959) heeft duidelijk aangetoond dat men de assimilatie kan bevorderen door opvoering van het koolzuurgehalte. Van Berkel toonde in 1964 de gunstige invloed van koolzuurdosering op de bloemvorming en vruchtzetting van tomaten aan.

Men kan ook trachten een steviger gewas op te kweken door de wateropname moeilijker te maken. Voor de wateropname is dan immers een grotere zuigspanning van het blad nodig, wat resulteert in een minder 'waterig' gewas. Men kan de wateropname bemoeilijken door:

- a. de grond droger te houden,
- b. de zoutconcentratie op te voeren met extra kunstmestgiften (Van den Ende, 1955),
- c. het wortelstelsel te beperken.

Dit laatste is onder meer te bereiken met het uitplanten van oude planten. Deze geven een minder sterke wortelontwikkeling dan jonge planten. Van der Post & Van der Meijs (1968) hebben aangetoond dat de wortelgroei stagneert, wanneer de

generatieve ontwikkeling op gang komt. Dit stadium wordt bij oude planten eerder bereikt dan bij jonge planten. Tijdens het onderzoek werd deze methode in een aantal proefkassen toegepast in Hoogezand-Sappemeer op groeikrachtige dalgronden.

Ook de teelt in zogenaamde tompotten (potten van een goedkoop soort balatum; zij zijn vierkant, inhoud ongeveer 4 liter en hebben in de bodem en zijwanden gaten; Groenewegen, 1963) bracht een beperking van het wortelstelsel met zich mee en daardoor een minder sterke vegetatieve groei. De eerste weken bleven de wortels beperkt tot de tompot, waardoor de groei beter beheerst kon worden. Vanwege de vele arbeid die deze methode vraagt, wordt zij niet meer toegepast. Bij dit onderzoek is deze methode ook niet gebruikt.

Op een aantal gronden voldeden de maatregelen niet, die tot doel hadden de groei af te remmen via het bemoeilijken van de wateropname. Dit was het geval op groeikrachtige gronden met hoge grondwaterstanden, zoals de strandwalgronden en de veengronden. De wortels groeiden in zeer korte tijd tot vlak bij het grondwater, waar zij zeer gemakkelijk water konden opnemen. Op deze gronden kan men de groei wel beïnvloeden via het bevorderen van de verdamping. Een van de mogelijkheden is stoken met de luchtramen open. Men bereikt hiermee een lagere luchtvochtigheid in de kas. Dit betekent een grotere verdamping, waardoor grotere hoeveelheden water per tijdseenheid door de plant moeten worden opgenomen. Hiervoor is een hoge zuigspanning van de bladeren vereist, wat, zoals reeds is gezegd, leidt tot een minder waterig gewas, hetgeen gunstig is voor de vruchtzetting. De tuinders die in 1962 op de strandwalgronden vroeg waren met de oogst, hadden deze methode toegepast.

Groeibeheersing door middel van regeling van het kasklimaat is de laatste jaren sterk in de belangstelling komen te staan. In ons land zijn het vooral Strijbosch (1965, 1966, 1968) en Germing (1969) die zich met het kasklimaatonderzoek hebben bezig gehouden, waarbij groeibeheersing via de verdamping centraal stond. Er zijn thans mogelijkheden tot automatisering van de klimaatbeheersing, waarbij het luchten en de kastemperatuur afhankelijk van de lichtintensiteit en de luchtvochtigheid worden geregeld.

Een betere beheersing van het kasklimaat heeft de risico's voor de vroege stooktomaten teelt op de groeikrachtige gronden opnieuw doen afnemen. Vaak zal men een combinatie van bovengenoemde maatregelen toepassen. Aldus is men in staat op sterk uiteenlopende gronden de groei van een gewas evenwichtig te laten verlopen. Uit een opbrengstenonderzoek bij stooktomaten dat in 1965 en 1966 op LEI-bedrijven in het Westland is uitgevoerd, waren de zandgronden wat de oogst betreft zeker niet later dan de kleigronden (Meijaard & Van der Knaap, 1966, 1967). Een evenwichtige groei van het gewas is ook gunstig voor de kwaliteit van de vruchten. Veel vruchtafwijkingen zijn een gevolg van een verkeerde waterhuishouding in de plant (Van den Ende, 1954).

6.2.3.3 De bodemtemperatuur

De temperatuur heeft een belangrijke invloed op de groei van tomatenplanten (Went, 1944; Verkerk, 1955; Calvert, 1956; Abd El Rahman & Bierhuizen, 1959; Abdelhafeez et al., 1971). Voor mijn onderzoek was het daarom belangrijk een indruk te hebben van de verwarming van de kassen. Immers, men kon verwachten dat de oogst vroeger zou zijn, naarmate de teler zijn kassen harder had gestookt. Het brandstofverbruik kon evenwel niet gebruikt worden als maat voor de verwarming van een kas, omdat vaak meerdere kassen met verschillende gewassen door dezelfde verwarmingsinstallatie werden verwarmd. Een goede verdeling van het brandstofverbruik over de kassen leverde hierdoor vaak grote moeilijkheden op. Gezocht is daarom naar een methode, die met enkele waarnemingen tijdens de stookperiode een betrouwbare indruk zou geven van de verwarming in de kassen.

Het beste leende zich hiervoor het meten van grondtemperaturen. De dagelijkse schommeling hiervan is in de kassen niet groot; dit in tegenstelling tot de luchttemperatuur. Uit waarnemingen, door ons verricht, bleek dat op 20 cm diepte de dagelijkse schommeling van de grondtemperatuur kleiner is dan 3°C en vaak zelfs kleiner dan 1°C ; op 50 cm diepte is de dagelijkse variatie al van geen betekenis meer. Hierbij moet worden opgemerkt dat in geen van de kassen bodemverwarming is toegepast.

Gedurende de maanden februari, maart en april is in 1961 en 1962 op iedere proefplek in duplo regelmatig de grondtemperatuur gemeten. In 1961 is dit gedaan op 15 cm diepte, in 1962 ook op 30 en 45 cm diepte. De metingen konden niet in alle kassen op precies hetzelfde tijdstip van de dag worden verricht. Door nu de kassen op de verschillende waarnemingsdata steeds in een andere volgorde en dus ook op een ander tijdstip te bezoeken, werd de kans op een nadelige invloed van het dagelijks temperatuurverloop op de onderlinge vergelijkbaarheid van de gemiddelde temperatuurwaarnemingen aanzienlijk verkleind. Bovendien werden de waarnemingen zoveel mogelijk bij bewolkt weer gedaan.

Behalve door de mate van stoken kunnen verschillen in gemeten grondtemperatuur tussen kassen ook veroorzaakt zijn door verschillen in bodemeigenschappen, zoals de warmtecapaciteit en het warmtegeleidingsvermogen, door verschillen in lichttransmissie en in oriëntatie van de kassen. De indruk werd echter verkregen, dat de mate van stoken de belangrijkste oorzaak van de gemeten verschillen was.

De verwarming van de kassen, die tot uiting komt in de grondtemperatuur, blijkt de vroegheid van de oogst zeer sterk te beïnvloeden (tabel 18). In 1962, toen op drie diepten waarnemingen zijn verricht, blijkt de grootste correlatie te bestaan met de grondtemperatuur op 30 cm diepte.

De grote invloed van de verwarming van de kassen op de vroegheid van de oogst komt ook tot uiting in figuur 27. In deze figuur is voor ieder jaar de relatieve vroegheid van de oogst weergegeven van kassen met relatief hoge, resp. lage grondtemperaturen. Tot deze twee groepen kassen worden gerekend kassen, waarvan de gemiddelde grondtemperatuur hoger resp. lager is dan de mediaan van de gemiddelde grond-

Tabel 18. Correlaties tussen de grondtemperatuur in °C (x) en de relatieve vroegheid van de tomaten-oogst (y).

Centra Centres	Diepte (cm beneden maaiveld) Depth (cm below surface)	Aantal kassen Number of greenhouses	Regressievergelijking Regression equation	Correlatie- coëfficiënt Correlation coefficient
1961 verschillende centra various centres	15	35	$y = 15,44x - 181$	+ 0,58***
1962 Zuidhollands glas- district South-Holland glass- district	15	36	$y = 23,05x - 293$	+ 0,48**
1962 Zuidhollands glas- district South-Holland glass- district	30	36	$y = 23,60x - 301$	+ 0,50**
1962 Zuidhollands glas- district South-Holland glass- district	45	36	$y = 21,06x - 248$	+ 0,41**

Table 18. Correlations between average soil temperature (x°/C) and relative earliness of the tomato-harvest (y).

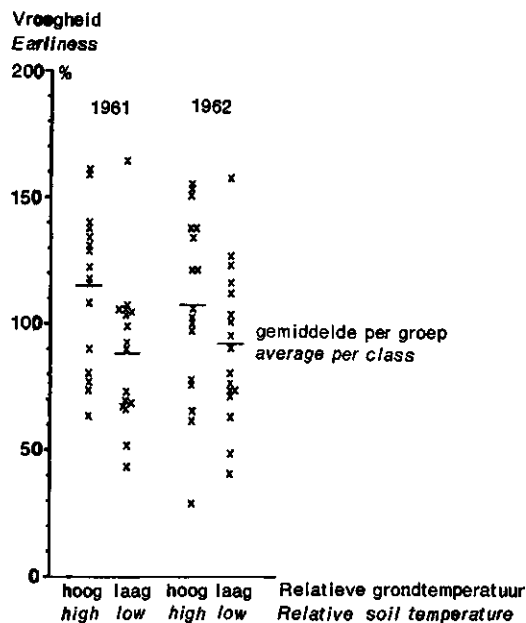


Fig. 27. De relatieve vroegheid van de tomaten-oogst per kas bij relatief hoge en lage grondtemperaturen. De verschillen in grondtemperatuur worden voornamelijk veroorzaakt door verwarming van de kas-sen.

Fig. 27. Earliness of tomato harvest in greenhouses with relatively high or low soil temperatures. The differences in temperature are predominantly due to the heating.

temperaturen van alle kassen op de bodemeenheid waarop die kassen staan.

Het blijkt, dat de gemiddelde relatieve vroegheid van de oogst in de kassen met relatief hoge grondtemperaturen aanzienlijk hoger is dan die in de kassen met relatief lage grondtemperaturen. Volgens de toets van Wilcoxon is het verschil in vroegheid in 1961 significant bij een onbetrouwbaarheid van 1%, in 1962 bij een onbetrouwbaarheid van 10%. De spreiding die er in vroegheid van de oogst bestaat binnen een bodemeenheid, moet dan ook voor een deel worden toegeschreven aan de mate van verwarming van de kassen.

6.2.3.4 De grondwaterstand

Om na te gaan of de grondwaterstand de vroegheid van de oogst heeft beïnvloed, zijn de kassen per bodemeenheid in ieder jaar in twee groepen verdeeld, namelijk in een groep met hoge grondwaterstanden en in een groep met lage grondwaterstanden. Als criterium voor de indeling is gebruikt het gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden die in het betreffende jaar in de kas gemeten zijn. Van alle kassen van de betreffende bodemeenheid is ieder jaar de mediaan van deze grondwaterstanden bepaald. Was het gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden lager dan deze mediaan, dan werd de kas tot de groep met relatief lage grondwaterstanden gerekend; was het gemiddelde hoger, dan kwam de kas in de groep met relatief hoge grondwaterstanden. Het gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden is als indelingscriterium gekozen, omdat juist in de eerste periode van het groeiseizoen, die belangrijk is voor de vroegheid van de oogst, meestal de hoogste grondwaterstanden worden gemeten.

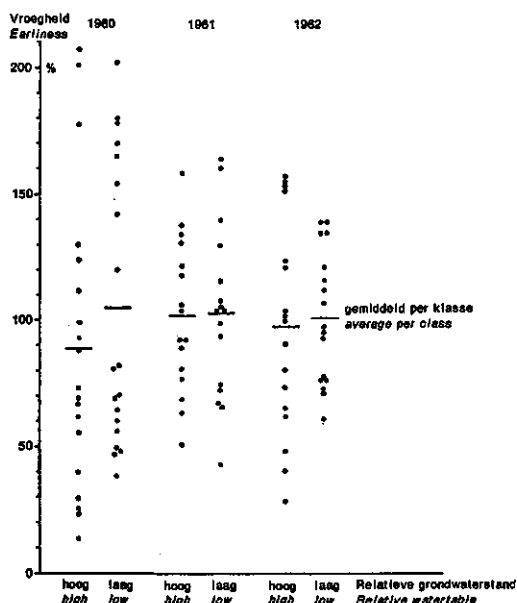


Fig. 28. De relatieve vroegheid van de tomatenoogst per kas bij relatief hoge en lage grondwaterstanden.

Fig. 28. Relative earliness of tomato harvest in greenhouses with relatively high or low watertables.

Uit figuur 28 blijkt, dat binnen de grondwaterstandsklassen de spreiding in de vroegheid van de oogst groot was. Voorts kan eruit worden afgelezen dat kassen met relatief lage grondwaterstanden gemiddeld iets vroeger waren dan die met relatief hoge grondwaterstanden. Het verschil was in 1960 groter dan in 1961 en 1962. De verschillen zijn echter wiskundig niet betrouwbaar. De ongunstige invloed van een hoge grondwaterstand op de bodemtemperatuur en daardoor op de vroegheid van de oogst kan door harder stoken, eventueel gecombineerd met extra luchten, blijkbaar gecompenseerd worden. Meijaard & Van der Knaap (1967) kregen de vroegste en de grootste oogst met stooktomaten op bedrijven met hoge grondwaterstanden en een hoog brandstofverbruik. Zij vermelden verder dat de teeltresultaten bij hoge grondwaterstanden veel sterker door het stoken werden beïnvloed dan bij lage grondwaterstanden.

6.2.4 Gewichtsopbrengst

6.2.4.1 Groeikracht en grondwaterhuishouding

De groei van de stooktomaten wordt, zoals in 6.2.3.2 is uiteengezet, sterk beïnvloed door de bodemhoedanigheid 'groeikracht'. Ik heb toen verder duidelijk gemaakt dat de teler verschillende mogelijkheden heeft om de groei te beïnvloeden. Verwacht kan worden dat op groeikrachtige gronden gemakkelijker een hoge produktie gehaald kan worden dan op minder groeikrachtige gronden. Om de invloed van de grond op de opbrengst na te gaan, zijn daarom de bodemeenheden die in het onderzoek betrokken zijn naar groeikracht verdeeld in twee groepen (fig. 29). De (zandige en lichte) kleigronden zijn tot de minder groeikrachtige gronden gerekend, de overige gronden tot de meer groeikrachtige gronden. Daar de hoogte van de grondwaterstand ook de groeikracht beïnvloedt, is iedere groep weer in tweeën verdeeld, namelijk in gronden met resp. een ondiepe of diepe gemiddelde laagste grondwaterstand. De gemiddelde laagste grondwaterstand is als criterium genomen, omdat deze doorgaans later in het seizoen optreedt, juist in de periode dat het gewas in volle produktie is en veel water nodig heeft. Voorts is de invloed van de fluctuatie van het grondwater (zie 6.2.2) op de opbrengst nagegaan. Verwacht kan worden dat een grote fluctuatie van het grondwater de opbrengst nadelig beïnvloed. Om vergelijking van de opbrengsten tussen de verschillende oogstjaren mogelijk te maken, zijn de opbrengsten in kg/m^2 weergegeven als relatieve opbrengsten. Hieronder wordt verstaan het percentage dat de gewichtsopbrengst van een kas bedraagt van de gemiddelde gewichtsopbrengst van alle kassen die het betreffende jaar in het onderzoek zijn betrokken. Deze gemiddelde opbrengsten per m^2 bedroegen in:

1960	7,9 kg
1961	9,3 kg
1962	9,0 kg

In 1960 en 1961 is de berekening van de opbrengst gebaseerd op het aantal vruchten

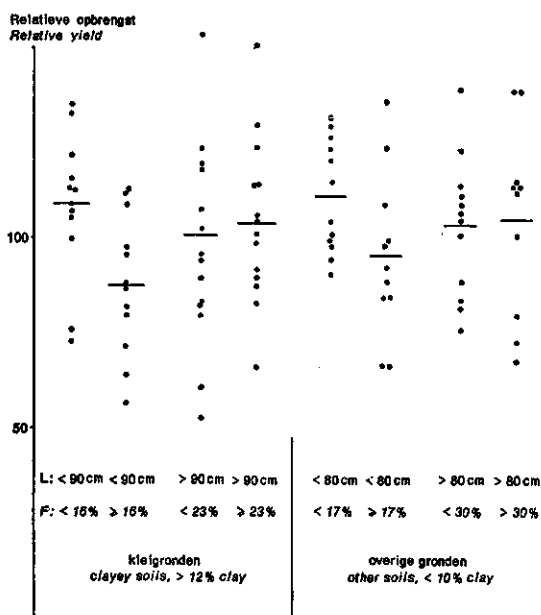


Fig. 29. Relatieve gewichtsoptbrengsten van tomaten per m² op gronden van verschillende grondwaterstandsklassen. De opbrengsten zijn uitgedrukt in procenten van de gemiddelde opbrengst van alle kassen (— = gemiddelde opbrengst per groep, L = gemiddelde van de laagste drie grondwaterstanden, F = fluctuatie van het grondwater).

Fig. 29. Relative yields of tomatoes (kg/m²) on soils of different watertable classes. The yields have been expressed in percentages of the average yield per greenhouse (— = average yield; L = average of the lowest three watertables F = fluctuation in watertable in %).

dat tot en met half juni gezet was, in 1962 op het aantal vruchten van de eerste 9 trossen.

Uit figuur 29 blijkt dat de verschillen tussen de opbrengsten op de groeikrachtige en minder groeikrachtige gronden niet groot zijn. Er is een tendens aanwezig dat van de groeikrachtige gronden de opbrengst gemiddeld iets hoger is. Dit is in overeenstemming met wat Meijaard & Van der Knaap (1967) vonden. Hetzelfde geldt voor de hogere grondwaterstanden in vergelijking met de lagere bij geringe fluctuatie van het grondwater. Er is een duidelijk nadelige invloed van een sterke fluctuatie van het grondwater bij de hogere grondwaterstanden. Volgens de toets van Wilcoxon is het verschil significant bij een onbetrouwbaarheid van 5%. Bij de lagere grondwaterstanden wordt de opbrengst door een grote fluctuatie van het grondwater veel minder sterk beïnvloed. Dit komt ook duidelijk tot uiting in tabel 19.

De gevonden reactie van de tomaten op de fluctuatie van het grondwater is in overeenstemming met wat Bloemen (1951) vond bij winterrogge. Hij constateerde een afnemende nadelige invloed van de fluctuatie van het grondwater bij steeds lagere gemiddelde grondwaterstanden.

De tendens dat lagere grondwaterstanden met geringe fluctuatie nadelig zijn voor de opbrengst, zou een gevolg kunnen zijn van een slechtere watervoorziening van de planten op deze gronden. Hetzelfde kan opgemerkt worden voor de verschillen tussen de opbrengsten op de kleigronden en de overige gronden. Door vaker te beregenen, waardoor voorkomen wordt dat de vochtspanning periodiek te sterk oploopt, zouden vermoedelijk hogere opbrengsten op de kleigronden en op de gronden met lagere grondwaterstanden kunnen worden behaald. Het onderzoek van Ploegman (1964)

Tabel 19. Correlaties tussen de mate van fluctuatie van het grondwater in procenten van het gemiddelde van de laagste drie grondwaterstanden (x/cm) en de relative opbrengst van tomaten in kg/m² (y).

	Gem. van de laagste drie grondwaterstanden Average of the lowest three watertables	Aantal kassen Number of greenhouses	Regressievergelijking Regression equation	Correlatie coëfficiënt Correlation coefficient
Klei-gronden Clay soils	< 90	24	$y = -1,07x + 118$	-0,51**
Klei-gronden Clay soils	> 90	29	$y = -0,12x + 104$	-0,12
Overige gronden Other soils	< 80	23	$y = -1,8x + 135$	-0,57**
Overige gronden Other soils	> 80	22	$y = +0,30x + 96$	+0,16

Table 19. Correlations between fluctuations in watertable as percentage of the average of the lowest three watertables (x/cm) and the relative yield in kg/m² (y).

wijst in deze richting. Hij vond in potproeven een goede relatie tussen waterverbruik en vruchtopbrengst.

6.2.4.2 Het zoutgehalte van de grond

In kassen, waar geen natuurlijke neerslag komt, worden vaak hogere zoutgehalten van de grond aangetroffen dan er buiten. Een hoger zoutgehalte betekent een hogere osmotische waarde van het bodemvocht, waardoor de wateropname door de plant wordt bemoeilijkt. Door verschillende onderzoekers (Van den Ende, 1952, 1971; Bierhuizen & Ploegman, 1967) is aangetoond dat hierdoor de vruchtgrootte en de opbrengst nadelig worden beïnvloed. Nagegaan is of een dergelijke invloed met dit proefplekkenonderzoek kon worden aangetoond. Daartoe zijn van alle kassen in het voorjaar grondmonsters genomen van de bovengrond. Deze zijn door het Proefstation voor de groenten- en fruitteelt onder glas te Naaldwijk onderzocht. Daar de toelaatbare zoutgehalten in sterke mate worden bepaald door het humusgehalte (Van den Ende, 1952), zijn de gevonden gloeirestcijfers en keukenzoutgehalten uitgedrukt in procenten van het bij het gegeven humusgehalte nog toelaatbaar geachte zoutgehalte.

Uit tabel 20 blijkt dat zowel de vruchtgrootte als de opbrengst door een hoog zoutgehalte nadelig wordt beïnvloed. In 1962 kwam dit het minst tot uiting. Toen kon alleen een wiskundig betrouwbaar verband tussen gloeiverlies en gemiddeld vruchtgewicht worden aangetoond. Hierbij moet worden opgemerkt dat slechts eenmaal een grondmonster van alle kassen is genomen. Zou men de kassen meer malen bemonsterd hebben tijdens het groeiseizoen, dan had men kunnen uitgaan van gemiddelde zoutgehalten. Er zouden dan vermoedelijk hogere correlatiecoëfficiënten zijn verkregen.

De teler kan de nadelige invloed van een te hoog zoutgehalte op de opbrengst

Aantal kassen Number of greenhouses		Variabelen waarop de correlatieberekening betrekking heeft Variables of the computation of the correlation coefficient		Regressievergelijking Regression equation	Correlatiecoëfficiënt Correlation coefficient
		x	y		
1960	41	gloeirest	gem. vruchtgewicht		
		ignition residue	average fruit weight in g	$y = -0,11x + 56,5$	-0,49**
	41	gloeirest	relative opbrengst in kg		
		ignition residue	relative yield in kg	$y = -0,29x + 126$	-0,43**
	41	NaCl-gehalte	gem. vruchtgewicht		
		NaCl content	average fruit weight in g	$y = -0,06x + 53$	-0,48**
	41	NaCl-gehalte	relative opbrengst in kg		
		NaCl content	relative yield in kg	$y = -0,17x + 118$	-0,44**
1961	35	gloeirest	gem. vruchtgewicht		
		ignition residue	average fruit weight in g	$y = -0,06x + 59,5$	-0,36*
	35	gloeirest	relative opbrengst in kg		
		ignition residue	relative yield in kg	$y = -0,63x + 112$	-0,22
	35	NaCl-gehalte	gem. vruchtgewicht		
		NaCl content	average fruit weight in g	$y = -0,08x + 60$	-0,48**
	35	NaCl-gehalte	relative opbrengst in kg		
		NaCl content	relative yield in kg	$y = -0,15x + 112$	-0,27
1962	36	gloeirest	gem. vruchtgewicht		
		ignition residue	average fruit weight in g	$y = -0,04x + 53$	-0,27*
	36	gloeirest	relative opbrengst in kg		
		ignition residue	relative yield in kg	$y = -0,02x + 102$	-0,03
	36	NaCl-gehalte	gem. vruchtgewicht		
		NaCl content	average fruit weight in g	$y = -0,01x + 50$	-0,10
	36	NaCl-gehalte	relative opbrengst in kg		
		NaCl content	relative yield in kg	$y = -0,09x + 110$	-0,17

Table 20. Correlations between salt content of the soil expressed as percentage of the highest permissible salt content (x) and average fruit weight of tomatoes or relative yield per ground area (y).

corrigeren door de grond goed vochtig te houden met vaker beregenen. Ook de weersgesteldheid is van belang op het effect van een te hoog zoutgehalte.

Dat in dit onderzoek de invloed van het zoutgehalte van de grond op de opbrengst en vruchtgrootte toch nog zo sterk tot uiting komt (alle correlatiecoëfficiënten zijn negatief), wijst erop dat in de praktijk het zoutgehalte een grote invloed heeft op de opbrengst.

De invloed van het zoutgehalte van de grond op de kwaliteit kon in dit onderzoek niet worden nagegaan. Volgens Van den Ende (1954) kan een te welige groei van de tomaten worden vermeden door een wat hoger zoutgehalte van de grond, wat de kwaliteit van de vruchten ten goede komt. Vaak zal echter een te hoog zoutgehalte de kans op het optreden van neusrot sterk doen toenemen.

6.2.4.3 Het bodempatroon

In een kas kunnen soms vrij grote verschillen in profielopbouw voorkomen. Deze hebben vaak een ongunstige invloed op de opbrengst, ondanks het feit dat de betreffende bodemeenheden zeer goede mogelijkheden voor de stooktomatenteelt bieden. De oorzaak ligt dan in een niet optimale verzorging van het gewas.

De teeltmaatregelen worden meestal afgestemd op de bodemeenheid die de grootste oppervlakte van de kas inneemt. Een duidelijk voorbeeld hiervan waren de resultaten van de proefplekken, die in 1961 in Vleuten lagen. In dit gebied met voor de steenfabricage afgegraven rivierkleigronden, was de plaats van de twee proefplekken in elke kas zodanig gekozen, dat de diepte van de zandondergrond in de ene proefplek verschilde ten opzichte van de andere. Op de proefplekken met 'ondiep zand' begon de zandondergrond op 30-65 cm beneden maaiveld, op de andere proefplekken 60-120 cm beneden maaiveld. Zowel bij een 'ondiepe' als bij een 'diepe' zandondergrond kunnen op deze gronden zeer goed tomaten geteeld worden, wanneer de berekening aangepast wordt aan de bodemgesteldheid en waterbehoefte van het gewas. Uit figuur 30 blijkt, dat de aantallen gezette vruchten bij de ondiepe zandondergrond lager waren dan bij de diepe, vooral op 24 mei en 14 juni. Analooq geldt dit ook voor de aantallen geoogste vruchten. De lagere aantallen gezette vruchten op de proefplekken met ondiepe zandondergrond, moeten worden toegeschreven aan vochttekort, vooral later in de groeiperiode. De plekken met ondiepe zandondergrond namen in de kassen relatief een klein oppervlak in. Het beregenen was afgestemd op de behoefte van de planten die op het bodemtype stonden dat de grootste oppervlakte van de kassen innam.

Voor de beoordeling van de geschiktheid van gronden voor intensieve tuinbouwteelten is het bodempatroon belangrijk. Het is gewenst dat binnen één kas, binnen één bedrijf en zelfs binnen een gebied de bodemverschillen niet te groot zijn. Dit vergemakkelijkt de teelt en vergroot de toepasbaarheid van nieuwe teeltmethoden.

Fig. 30. Verband tussen de diepte van de losse zandondergrond en het cumulatieve verloop van vruchtzetting en tomatenoogst in het tuinbouwcentrum Vleuten.

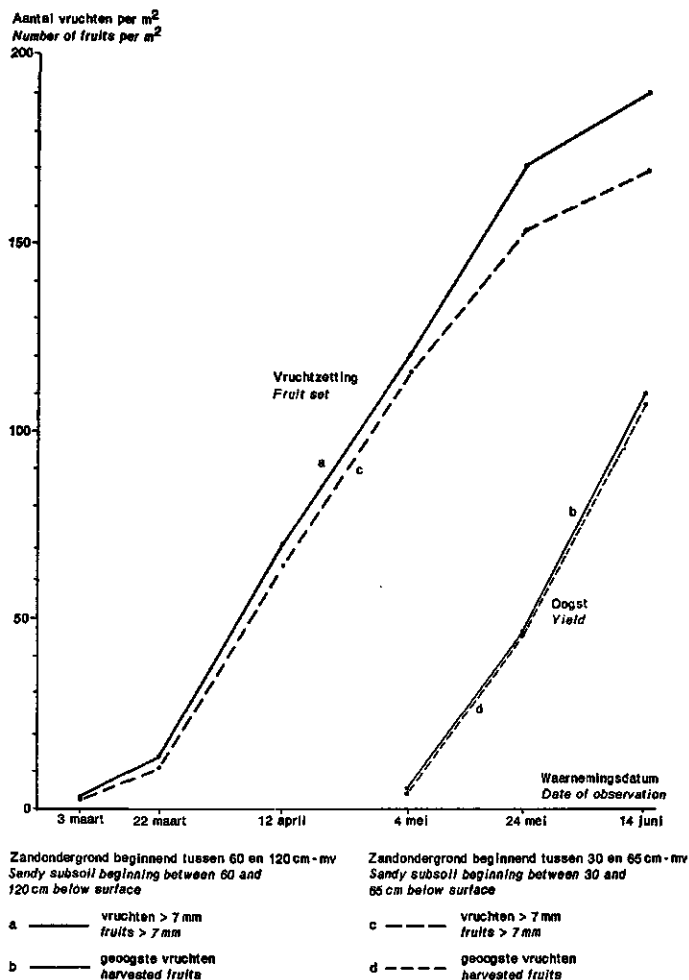


Fig. 30. Relation between depth of loose sandy subsoil and the cumulative curve of fruit set and yield in the horticultural centre of Vleuten.

6.2.5 Conclusie

Voor de financiële resultaten die behaald worden met de vroege stooktomatenteelt, is de vroegheid van de oogst van groot belang. De vroegheid van de oogst hangt in sterke mate af van de vruchtzetting van de onderste bloemtrossen. Voor een goede vruchtzetting van deze trossen mag de vegetatieve groei niet te sterk zijn. Vooral op de zogenaamde 'groeikrachtige gronden', gronden waar de planten gemakkelijk water

kunnen opnemen, is de kans groot op een te sterke vegetatieve groei ten koste van de vruchtzetting. Door een aangepaste regeling van het kasklimaat kan men echter op deze gronden een te sterke vegetatieve groei voorkomen. Op iedere bodemeenheid die in het onderzoek betrokken was, kwamen dan ook kassen voor die vroeg waren met de oogst. Voorts kwam de verwarming van de kassen sterk in de vroegheid van de oogst tot uiting.

De gewichtsopbrengst wordt in sterke mate beïnvloed door de grondwaterhuishouding. De hoogste opbrengsten worden behaald op gronden met weinig fluctuerende, ondiepe grondwaterstanden. Op gronden met sterk fluctuerende, ondiepe grondwaterstanden werd een sterke oogstreductie vastgesteld; dit in tegenstelling tot de gronden met diepere grondwaterstanden waar de opbrengst weinig door de grondwaterfluctuatie wordt beïnvloed. De tendens is aanwezig dat de opbrengsten op de minder groeikrachtige kleigronden wat lager zijn dan op de meer groeikrachtige lichtere gronden. Vermoedelijk is dit een gevolg van een wat minder goede watervoorziening van de planten in volle produktie, doordat het water gemiddeld sterker gebonden is in de kleigronden. Dat gemiddeld de hoogste opbrengsten worden behaald op gronden met ondiepe, weinig fluctuerende grondwaterstanden, wijst eveneens in die richting.

De ongunstige invloed van een hoog zoutgehalte op de opbrengst kon in dit onderzoek eveneens worden aangetoond.

De betekenis van het bodempatroon voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden is met een voorbeeld duidelijk gemaakt. Percelen, maar ook gebieden die weinig in bodemgesteldheid variëren, verdienen sterk de voorkeur voor de teelt van stooktomaat. Op een homogeen perceel, in een homogeen gebied kan een uniforme teeltmethode voor een gewas worden toegepast voor het behalen van optimale resultaten. Ook de toepasbaarheid van onderzoeksresultaten is dan veel groter.

Samenvattend kunnen wij stellen dat door aanpassing in de teeltmethoden op uiteenlopende gronden goede resultaten met de vroege stooktomatenteelt kunnen worden behaald. Op de ene grond zal echter meer vakmanschap van de teler worden gevraagd dan op de andere grond.

7 Nabeschouwing

Bij het bodemgeschiktheidsonderzoek wordt de relatie grond en gewas bestudeerd. Deze bestaat uit:

1. het vaststellen van een rangorde in geschiktheid van verschillende gronden,
2. het onderzoek naar de bodemfactoren die de verschillen in rangorde veroorzaken, ook wel verklarend bodemgeschiktheidsonderzoek of onderzoek naar de bodemkundige knelpunten genoemd,
3. het onderzoek naar de mogelijkheden die er zijn om deze bodemkundige knelpunten op te heffen of het bezwaar ervan te verminderen, hetzij door cultuurtechnische, hetzij door teelttechnische maatregelen of door een combinatie van beide.

7.1 Randvoorwaarden

Het bodemgeschiktheidsonderzoek geschiedt altijd onder aanname van een aantal randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden kunnen betrekking hebben op het klimaat, economische en sociale omstandigheden.

7.1.1 Het klimaat

De geschiktheid van een grond voor de agrarische produktie wordt beoordeeld tegen de achtergrond van bepaalde klimatologische omstandigheden. In landen met grote klimaatsverschillen moet daarom het klimaat in de beoordeling worden betrokken.

In Nederland zijn de klimaatsverschillen gering. Dit neemt niet weg dat deze verschillen van betekenis kunnen zijn voor sommige gewassen. Bij de onderzoeken die in deze publikatie worden beschreven is er met het klimaat geen rekening gehouden. Het aspergeonderzoek heeft plaatsgevonden in Limburg, het fruitteeltonderzoek in het rivierkleigebied. Men kan aannemen dat de verschillen in klimaat binnen deze gebieden zo gering zijn, dat zij van geen betekenis zijn voor de opbrengsten, temeer daar in de jaren van het fruitteeltonderzoek geen noemenswaardige nachtvorstschade op de proefplekken is opgetreden.

Bij de vroege stooktomatenteelt geeft de vruchtzetting van de eerste trossen soms moeilijkheden. Deze moeilijkheden zijn minder naarmate er meer licht, meer zon is in de periode na het planten. In 1960 en 1961, toen er proefplekken in verschillende centra van ons land lagen, heeft de vruchtzetting van de eerste trossen weinig moeilijkheden gegeven. In 1962 waren zij er wel, maar toen lagen de proefplekken alle

in het Zuidhollands Glasdistrict, zodat men kan aannemen dat verschillen in klimaat hierbij geen rol hebben gespeeld.

7.1.2 De economische en sociale omstandigheden

Het telen van gewassen heeft tot doel een zo hoog mogelijk inkomen te verwerven. Dit inkomen wordt bepaald door de geldelijke opbrengsten enerzijds en de kosten die gemaakt moeten worden om deze opbrengsten te behalen anderzijds. Bij een sterke stijging van de prijzen van de geoogste produkten ziet men doorgaans een uitbreiding van de betreffende teelten naar gronden die door de hogere prijzen aantrekkelijk voor deze teelten zijn geworden. Een verandering in de rangorde van de bodemgeschiktheidswaardering zal hierdoor echter doorgaans niet plaatsvinden. Anders is het, wanneer de prijzen van de produktiefactoren zich wijzigen. Zo worden chemisch arme, maar in fysisch opzicht goede gronden, verschillend beoordeeld, afhankelijk van de prijzen die voor kunstmest moeten worden betaald. Een tweede voorbeeld betreft de sterke stijging van de arbeidslonen. Daardoor is de mechanisatie in de land- en tuinbouw sterk toegenomen. Dit heeft een stijging van de waardering van de lichtere gronden tot gevolg gehad voor de teelt van bol- en knolgewassen, omdat zij geschikter zijn voor machinaal rooien dan de zwaardere gronden. In de groenteteelt onder glas heeft de uitbreiding van sommige teelten naar de wintermaanden een opwaardering van de zwaardere gronden teweeggebracht.

De produktie van land- en tuinbouwprodukten gebeurt altijd onder bepaalde maatschappelijke omstandigheden, zoals de bedrijfsgrootte, de verkaveling, de ontwateringstoestand, de mate waarin de verschillende werkzaamheden zijn gemechaniseerd, het ontwikkelingsniveau en de vakkennis van de telers. De door Beek & Bennema (1972) genoemde land utilisation systems zijn mede hierop gebaseerd. Voor ontwikkelingsprojecten voert men daarom doorgaans bodemgeschiktheidsclassificaties onder verschillende economische en maatschappelijke randvoorwaarden uit. In Nederland zijn de bodemgeschiktheidsclassificaties doorgaans gebaseerd op de teeltresultaten van goed geleide bedrijven met een gangbare verkaveling en bedrijfsgrootte. Op deze basis heeft ook mijn onderzoek plaatsgevonden.

7.2 De grond

Voor de bodemkartering is het belangrijk dat de gronden die overeenkomstig een indelingssysteem worden onderscheiden, met zo weinig mogelijk veldwaarnemingen goed in kaart te brengen zijn. Gronden zijn goed karteerbaar, wanneer terreinverschillen (bijvoorbeeld hoogteverschillen) samengaan met de bodemkundige criteria waarop de indeling berust. Voorts moet het toegepaste indelingssysteem een landbouwkundige betekenis hebben, als men de bodemkundige mogelijkheden van een gebied voor agrarische doeleinden wil beoordelen.

Bij het bodemgeschiktheidsonderzoek voor asperges was de indeling van gronden volgens het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland (1966) goed bruikbaar.

De bodemgeschiktheid voor de teelt van asperges blijkt in belangrijke mate te worden bepaald door de diepte tot waar beworteling mogelijk is. De indeling van de zandgronden volgens bovengenoemd systeem loopt voor een belangrijk deel parallel met verschillen in bewortelingsdiepte.

Bij het vroege-stooktomatenonderzoek is de indeling van de gronden gebaseerd op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:200000. De proefkassen, waarvan het aantal beperkt gehouden moest worden, lagen op uiteenlopende gronden. Om tot voldoende proefkassen per bodemeenheid te komen, waren we genoodzaakt een globale indeling te hanteren. Voorts was voor ons doel belangrijk dat de textuur duidelijk naar voren kwam, hetgeen bij de door ons gebruikte indeling het geval is. De textuur bepaalt namelijk in sterke mate de 'groeikracht' van de grond.

Het fruitteeltonderzoek heeft zich beperkt tot de zware rivierkleigronden. Onderscheid is gemaakt in zware rivierkleigronden met en zonder laag met zeer slechte structuur binnen 80 cm beneden maaiveld, omdat de groei van de appelbomen op het al dan niet voorkomen van deze laag reageerde.

7.3 Het gewas

De gewassen die behandeld zijn, lopen uiteen van matig intensief tot zeer intensief. Deze keuze is met opzet gemaakt, omdat naarmate het gewas intensiever is, dat wil zeggen de geldelijke opbrengsten per oppervlakte-eenheid hoger zijn, de mogelijkheden voor de teler om zich aan te passen aan de bodemkundige eigenschappen van de gronden doorgaans groter worden. Dit heeft tot gevolg dat de grond minder duidelijk in de opbrengsten tot uiting komt. De onderzoeksresultaten van de onderzochte gewassen bevestigen dit.

Bij het matig intensieve gewas asperge was de invloed van de profielopbouw op de opbrengst duidelijk te herkennen. De diep bewortelbare gronden gaven hogere opbrengsten en het gewas was minder snel versleten dan op de ondiep bewortelbare gronden. Een uitzondering hierop vormden de oude rivierzandgronden. Deze gronden zijn wel diep bewortelbaar, maar de resultaten met de aspergeteelt vielen tegen. Vermoed wordt dat deze slechte resultaten een bodemchemische oorzaak hebben.

Bij de teelt van Jonathan op zware rivierkleigronden bleek een laag met zeer slechte structuur ondiep in het profiel de groei van de bomen nadelig te beïnvloeden. De ongunstige invloed hiervan op de gewichtsofbrengst per ha kan in volwassen boomgaarden voor een belangrijk gedeelte gecompenseerd worden door nauwer te planten, dus door aanpassing van de plantafstanden aan de bodemgesteldheid. De gewichtsofbrengst per m² vruchtdragend oppervlak wordt namelijk veel minder sterk door de bodemgesteldheid beïnvloed dan de groei van de bomen.

Bij de vroege stooktomaten, een zeer intensief gewas, werden op zeer uiteenlopende gronden goede resultaten behaald. Dit moet worden toegeschreven aan de mogelijkheden om deze teelt aan de grond aan te passen. De teler kan het kasklimaat in sterke mate regelen door verwarming, ventilatie en beregening. De laatste jaren wordt ook toediening van CO₂ algemeen toegepast. Met drainage, eventueel

gecombineerd met onderbemaling, kan hij zorgen voor een goede ontwatering van de grond. Structuurverbetering van de bovengrond door toediening van organische stof, zoals tuinturf en veencompost, wordt veelvuldig toegepast. Door grondonderzoek, verschillende malen tijdens het teeltseizoen, kan hij naar behoefte bemesten.

Uit het proefplekkenonderzoek dat verricht werd, kwam overigens wel naar voren dat de teelt van vroege stooktomaten op de 'groeikrachtige' gronden (gronden waarin de gewassen gemakkelijk water kunnen opnemen, zoals strandwalgronden) moeilijker is dan op de minder groeikrachtige kleigronden. Zo was in 1962 de vruchtzetting van de eerste trossen op deze zandgronden slechter dan op de kleigronden. Daardoor werd de vroegheid van de oogst ongunstig beïnvloed, maar dit probleem kan met een aangepaste klimaatsregeling voor een belangrijk deel overwonnen worden. Tegenover de vroegheid van de minder groeikrachtige kleigronden staat het nadeel van de doorgaans wat lagere opbrengsten. Vermoedelijk hangt dit samen met de watervoorziening. De vocht karakteristiek van kleigronden is zodanig, dat in perioden met grote verdamping de gemiddelde zuigspanning ondanks berekening al gauw hoger zal zijn dan op de meer groeikrachtige gronden, waardoor de groei wordt afgeremd. Wat de invloed van het grondwater betreft, bleek dat de hoogste opbrengsten bij de vroege stooktomaten behaald werden in voldoende warm gestookte kassen met hoge grondwaterstanden. Voorwaarde is dan wel dat men er voor zorgt dat geen grote fluctuaties van het grondwater optreden. Door later onderzoek, door ons verricht op zogenaamde LEI-bedrijven, werd dit bevestigd. De gunstige invloed van hoge grondwaterstanden op de opbrengst wordt toegeschreven aan de capillaire aanvoer vanuit het grondwater. Blijkbaar kan de praktijk dit niet volledig met berekening compenseren.

Men kan stellen dat in de praktijk doorgaans de beste resultaten behaald worden onder bodemkundige groeiomstandigheden die een grote vakkennis vereisen. Bij de groei beheersing levert de grond echter nogal eens moeilijkheden op. Hieruit is de belangstelling te verklaren voor de teelt in containers, bakken, enz., die gevuld worden met een grondsubstraat met een voor de teelt zo goed mogelijke poriënverdeling (vocht karakteristiek). Het grondvolume dat per plant nodig is, is bij deze teeltwijze doorgaans veel kleiner, waardoor de mogelijkheden van groei beheersing door middel van bemesting, water geven en eventueel verwarming groter zijn. Bij deze teeltwijze luistert alles echter veel nauwer en worden vlugger fouten gemaakt of, anders gezegd, deze teeltwijze vraagt een grotere vakbekwaamheid. In dit verband moet opgemerkt worden, dat naarmate men meer in staat zal zijn de teeltmaatregelen te automatiseren en te programmeren de kans op fouten zal afnemen.

De steeds toenemende mogelijkheden die men krijgt om het groeimilieu te beïnvloeden, te regelen en te beheersen, brengt met zich mee dat de praktijk steeds beter geïnformeerd wil zijn over de eisen die de gewassen aan de groeiomstandigheden stellen. Vandaar de grote belangstelling voor de resultaten van plantenfysiologisch onderzoek, vooral bij de teelten onder glas. Ook zal de behoefte aan bodemkundige kennis toenemen, omdat men die kennis nodig heeft om de juiste cultuurtechnische en teelttechnische maatregelen te kunnen nemen. Dit geldt vooral in de tuinbouw,

waar verschillende gewassen in centra worden geteeld. Het is immers een algemeen bekend feit, dat tuinders bij nieuwe vestiging vaak de voorkeur geven aan een minder geschikte grond binnen een tuinbouwcentrum boven een meer geschikte grond daarbuiten. De voordelen van het telen binnen een centrum zijn zo groot, dat er veel geld kan worden besteed om de minder geschikte grond te verbeteren of om extra teelttechnische maatregelen te nemen ter compensatie van de bodemkundige bezwaren.

Samenvatting

De geschiktheid van gronden voor agrarisch gebruik wordt altijd beoordeeld tegen de achtergrond van klimatologische, economische en sociale randvoorwaarden.

Onderscheid is gemaakt tussen bodemgeschiktheidsclassificatie en interpretatie van bodemkaarten. Bij de bodemgeschiktheidsclassificatie wordt de geschiktheid beoordeeld van 'zuivere' bodemeenheden, terwijl bij de interpretatie van bodemkaarten ook de geografische verbreiding van bodemeenheden betrokken wordt. Dit brengt met zich mee dat bodemeenheden zoals die op de bodemkaart zijn weergegeven, verontreinigd kunnen zijn met andere bodemeenheden die uit karteertechnische of kaarttechnische redenen niet apart op de kaart konden worden weergegeven. De agrariër heeft twee mogelijkheden om zich aan te passen aan de grond: door middel van gewassenkeuze en cultuurtechnische en teelttechnische maatregelen. Naarmate de teelten intensiever worden, dus de geldelijke opbrengsten per oppervlakte-eenheid stijgen, zullen de mogelijkheden van aanpassing door middel van teelttechnische en cultuurtechnische maatregelen groter worden. Deze mogelijkheden worden nog groter wanneer de teelt in centra geschiedt. Bij het bodemgeschiktheidsonderzoek in de tuinbouw is het onderzoek naar de bodemkundige knelpunten daarom van groot belang, eveneens het onderzoek naar de mogelijkheden om deze bodemkundige knelpunten op te heffen. Hiervoor is de nauwe samenwerking met gewasdeskundigen vereist. Ook de medewerking van cultuurtechnici, landbouwscheikundigen en landbouweconomen zal vaak niet gemist kunnen worden.

Wat het onderzoek betreft, geeft een inventarisatie van de gronden in gebruik voor de te onderzoeken gewassen en een inventarisatie van de plaatselijke ervaring een eerste benadering van de geschiktheid. Gegevens van andere onderzoeksinstellingen, bijvoorbeeld het LEI, proefstations, proefboerderijen en proeftuinen, kunnen soms gebruikt worden voor nadere kwantificering van de geschiktheid. Proefplekkenonderzoek is meestal nodig voor verzameling van gegevens per bodemeenheid bij gedetailleerde bodemindelingen. Dit type onderzoek leent zich ook goed voor het onderzoek naar de bodemkundige knelpunten, waarbij het bewortelingsonderzoek vaak goede aanknopingspunten geeft.

Asperge

Het onderzoek werd verricht in Limburg, de provincie waar de meeste asperges in ons land geteeld worden. Bij deze matig intensieve teelt kwam de grond duidelijk tot uiting in de opbrengsten, de kwaliteit van het geoogste produkt en de levensduur van de

gewassen. Een hoge gewichtsopbrengst per ha blijkt samen te gaan met een goede kwaliteit. Hoge opbrengsten en lange levensduur van het gewas werden behaald op de diep bewortelbare enkeerdgronden en vorstvaaggronden. De ondiep bewortelbare veldpodzolgronden gaven lagere opbrengsten en het gewas was vlug versleten. Dit was ook het geval op de oude rivierzandgronden die wel diep bewortelbaar zijn. Vermoed wordt dat de slechte resultaten op deze laatste gronden een bodemchemische oorzaak hebben. De diepte tot waar beworteling mogelijk is, een belangrijk bodemgeschiktheids criterium bij asperge, bleek op zandgronden nauw samen te hangen met de indringingsweerstand van de grond.

Appel

Het onderzoek dat bij Jonathan op zware rivierklei is uitgevoerd, heeft aangetoond dat een laag met zeer slechte structuur, ondieper dan 80 cm beneden maaiveld, de groei van de bomen ongunstig beïnvloedt. Voorts bleek dat dit in veel mindere mate het geval was met de opbrengst per m² kroonoppervlak. Hierdoor was het mogelijk de nadelige invloed van deze laag op de opbrengst in kg/ha voor een belangrijk deel te compenseren door nauwer te planten. Door de plantafstanden aan te passen aan de bodemgesteldheid heeft men in de fruitteelt een belangrijke mogelijkheid om zich aan te passen aan de bodemgesteldheid.

Vroege stooktomaten

De teelt van vroege stooktomaten is zeer intensief. Op uiteenlopende gronden worden goede resultaten behaald wat wordt toegeschreven aan de mogelijkheden die de tuinder heeft om zich aan te passen aan de grond. Uit het onderzoek bleek dat de bodemhoedanigheid 'groei kracht' van de grond van invloed is op de teeltwijze. Op de 'groei krachtige gronden' (gronden waar de planten gemakkelijk water kunnen opnemen, zoals de strandwalgronden), geeft de vruchtzetting van de onderste trossen nogal eens moeilijkheden, waardoor de oogst later is. Door een aangepaste klimaatsregeling is dit bezwaar voor een belangrijk deel op te heffen. Op de minder groei krachtige gronden, zoals kleigronden, geeft de vruchtzetting van de onderste trossen minder moeilijkheden, maar heeft de totale gewichtsopbrengst de tendens wat achter te blijven. Dit moet worden toegeschreven aan de watervoorziening van de gewassen. In een periode met grote verdamping zal de zuigspanning van de kleigronden ondanks berekening gemiddeld al gauw hoger zijn dan op de meer groei krachtige gronden. De betere resultaten bij hoge grondwaterstanden met geringe fluctuatie t.o.v. de diepere grondwaterstanden worden ook toegeschreven aan de betere watervoorziening, middels capillaire aanvoer vanuit het grondwater.

Het blijkt dat de hoogste opbrengsten worden behaald onder bodemkundige omstandigheden waarbij fouten bij de teelt snel een opbrengstreductie kunnen geven, of anders gezegd, hoge eisen aan de vakbekwaamheid worden gesteld.

Verwacht kan worden dat door automatisering en programmering van de teelt

de kans op het maken van teeltfouten onder die omstandigheden zal afnemen.

Het zal duidelijk zijn dat voor een intensieve teelt zoals de stooktomaten bodemkundige kennis van grote betekenis is voor het nemen van de juiste teelttechnische en cultuurtechnische maatregelen. Ook kennis van de eisen die zo'n gewas stelt aan het groeimilieu is hiervoor van groot belang. Naarmate de mogelijkheden van automatisering, regeling en programmering van de teeltmaatregelen toenemen zal ook de behoefte naar meer bodemkundige kennis groter worden.

Summary

The suitability of soils for agricultural land use is always considered in relation to climatic, economic and social conditions. Further agricultural suitability is strongly influenced in the Netherlands by groundwater. Most of the soil maps of the Netherlands give therefore information about it. So the soil maps of the Netherlands, 1:50000, show 7 watertable classes (Table 1).

There are different kinds of land classification based on soil factors. A scheme of these and the relation between them are given in Figure 2. A distinction has to be made between classification by soil suitability and interpretation of soil maps. Classification by soil suitability includes judging of the suitability of 'pure' soil units, whereas interpretation of soil maps is the judging of the suitability of mapping units, which are often not 'pure'. They can be contaminated by other soils that cannot be distinguished on the soil map because of surveying or cartographic reasons.

For agricultural purposes, a soil classification must use criteria of agricultural importance. The different demands on the soil by different uses makes the choice of classification criteria a compromise. Some research workers, such as Gibbons (1961) and Butler (1964), wonder whether special criteria must depend on the special purpose of the survey. In the Netherlands, we do not work in this way because of practical difficulties.

A distinction can be made between the actual and potential suitability. The actual suitability is the suitability of the soils in their present condition in the field shown on the soil map. The potential suitability is the suitability of the soils when limitations have been removed by some measures such as drainage and soil improvement.

For the soil user, it is often important to know the potential suitability and the soil limitations. The interpretation of the soil map of the Netherlands 1:50000 includes therefore ratings of limitations to soil quality.

Agricultural use can vary from extensive to very intensive (Table 2). The more intensive the crops are, the higher the monetary yields per surface unit, what makes it more economically justifiable to take measures to remove or to diminish soil limitations. Another thing is that different horticultural crops are concentrated at different centres. The profits of concentration compensate plentifully the costs of removing soil limitations. Research on soils suitability for horticultural crops therefore pays much attention to soil limitations.

A first idea about the suitability of soils is obtained from a survey of land use: A survey of local experience with a crop on different soils often allows arrangement of the soils in a certain order. For more quantitative information data gathered by

other research institutes are sometimes very useful. This is especially so by a general soil classification. By more detailed soil classifications a trial plot research would often be necessary to get sufficient information for each soil unit. Differences in yields due to grower can be limited by choosing well managed holdings for study. The same can be achieved by using trial plots on different soil types on one parcel of land, a method called the poor patches method.

Because the weather can change from year to year, soil suitability research would be done over several years. Often a period of three years is chosen for practical reasons. For perennial crops, it can be important to continue research longer because the economic life of a crop can be influenced by soil factors.

This publication reports soil suitability research for three crops: asparagus, apple and tomato. These crops differ much in the intensity of land use.

Soil suitability research with asparagus was from 1961 up to 1968 in Dutch Limburg. This province contains about 80% of the area under asparagus in the Netherlands.

Trial plots were laid out on soils used for asparagus growing: on high and medium high 'enk' earth soils, 'vorst' vague soils in inland dunes, moder podzol soils and 'vorst' vague- in old river sandy soils and 'veld' podzol soils (Table 3). The high 'enk' earth soils, the 'vorst' vague and moder podzol soils have deep watertables. In wet winters the watertable of the 'veld' podzol soils and medium high 'enk' earth soils sometimes rises into the rooting zone (Table 4 and 5). (For the nomenclature of Dutch soils, see de Bakker & Schelling, 1966).

The yields and the quality of the spears are strongly influenced by the soil. The highest yields and the best quality are, gathered from the high 'enk' earth soils and the 'vorst' vague soils in inland dunes, the worst results are from the 'vorst' vague soils and moder podzol soils in old river sand (Fig. 4, 5, 6 and 7). The difference in monetary yield between the most suited and the least suited soils was a factor 1.5 (Fig. 8). The earliest yields give the high 'enk' earth soils and the 'vorst' vague soils in inland dunes (Table 7; Fig. 9 and 10).

A good correlation has been found of ratings given in September and stalk product with yield of spears in the next year (Table 9 and 12; Fig. 11 and 12).

The rooting depth of asparagus depends on penetration resistance. In layers with a high resistance ($>30 \text{ kg/cm}^2$) roots do not occur (Fig. 14 and 15). These high penetration resistances are measured in C-horizons of sandy soils. It is found that deeper rooting gives more kg spears and a longer economic life of the asparagus plants (Fig. 16). An exception are the old river sandy soils. These soils have also possibilities for deep rooting but the results with asparagus growing are bad. These bad results probably have been caused by chemical factors. Further research about it is desirable.

The soil suitability trials with Jonathan on fine-textured river-clay soils 1959-1963 have shown that in choosing plant distances fruit growers can compensate for soil limitations. The results from the trial plots show that tree growth is influenced much more by a soil layer with a bad structure than is yield per projected crown surface. The fruit growers of the orchards do not allow for the possible presence of such a

layer. This caused a lower plant density (crown projection as a percentage of available area) on the soils with a bad layer than on soils without this layer. This decreases yield per area (Fig. 17).

The presence of a bad layer in the soil has a clear influence on water relations (Table 16). The rooting depth of Jonathan on the trial plots (Fig. 19) is very well correlated with the mean lowest watertable, and the number of roots is correlated with groundwater fluctuation.

In 1960, 1961 and 1962 plot trials were set out with tomatoes in heated greenhouses in different places. This research has been done to find out the suitability of different soils for this crop (Table 17). During this research many observations were made on the groundwater regime of the greenhouses (Fig. 20, 21 and 22).

The monetary results of growing tomatoes in heated greenhouses depends especially on the earliness of the yield and the total yield. The earliness of the yield (Fig. 23) seems strongly influenced by the number of fruits in the first trusses. In general, fruitset gives less problems on clay soils than on sandy soils (Fig. 24). This is caused by differences in development of the plants on the two soils, which depend on differences in available water for the plants. The water is stronger fixed by clay soils than by sandy soils. This depends on the pF-curve and on capillary conductivity by different suctions (Fig. 25 and 26). Because the plants on clay soils in general less easily get water than the plants on sandy soils, the chance that plant growth is vegetatively too rapid and that fruitset in the first trusses is low is not so high as for sandy soils.

Earliness of yield was influenced by the heating of the greenhouses. A good impression of this heating can be obtained by measuring soil temperatures (Table 18; Fig. 27).

A significant influence of watertable on the earliness of yield was not found (Fig. 28). The total absolute yields, however, have been influenced by water relations. High fluctuations in groundwater combined with shallow watertables (Table 19; Fig. 29) lowers the total yield. The highest yields give the soils with shallow watertables and little fluctuation (Fig. 29). On the trial plots, there was also a negative effect of salt content of the soil on yield and on average fruit weight (Table 20).

The results from the trial plots show clearly that yields of intensive crops like tomatoes in heated greenhouses are much less affected by limitations of the soil than yields of asparagus, a less intensive crop. In the first case, the grower has more chance of influencing the development of the plants. With present knowledge of cropping techniques he can in many cases compensate the negative influence of limitations on the yield by an adapted management if he knows the limitations of the soil.

The option of ensuring an optimum management of the crop requires however that soil differences in a nursery, a parcel or a greenhouse are not big. If not, it is often for practical reasons not possible to ensure optimum crop management on the different soils in one parcel or greenhouse. Therefore the results on some soils would be lower than if the whole parcel or greenhouse consisted of these soils (Fig. 30).

In summary, soil survey and soil suitability research are very important for good land use. For extensive land use, like forestry, but also for growing outdoor vegetables it is better to choose crops that give the best results on the soils concerned, or soils can be choosen that give the best results with a certain crop.

For very intensive land use, like horticultural crops in greenhouses, it is often important to know how to remove soil limitations. For such crops, it is important to start with a nursery in a centre. The benefits of growing in a centre compensate plentifully the costs made in removing the limitations.

For a solution of these questions soil survey and soil suitability research are both needed.

Literatuur

- Aandahl, A. R., 1958. Soil survey interpretation. Theory and purpose. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22: 152-154.
- Abdelhafeez, A. T., H. Harssema, G. Veri & K. Verkerk, 1971. Effects of soil and air temperature on growth development and water use of tomatoes. *Neth. J. agric. Sci.* 19: 67-75.
- Abd El Rahman, A. A. & J. F. Bierhuizen, 1959. The effect of temperature and water supply on growth, transpiration and water requirement of tomato under controlled conditions. *Meded. Landb. Hogesch. Wageningen* 59 (3): 1-13.
- Anonymus, 1970. Glossary of soil science terms. Madison, Wisconsin 53711 USA.
- Anonymus, 1970. Resource conservation glossary. *J. Soil Wat. Conserv.* 25 (1), 52 p.
- Anonymus, 1972. Tweede rassenlijst voor tulpen. Instituut voor Veredeling van Tuinbouwgewassen, Wageningen.
- Anstett, A., 1969. Les conditions agropédologiques de la culture de l'asperge. *Pepiniéristes horticulteurs maraîchers* (100): 6015-6030.
- Astrego, J. J., 1948. Handleiding voor de aspergeteelt. Provinciale Organisatie van Veilingen in Limburg. 2e druk.
- Bakker, G. de, 1950. De bodemgesteldheid van enkele Zuidbevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt. De bodemkartering van Nederland VI/Versl. landbouwk. Onderz. 56.14.
- Bakker, H. de, 1970. Purposes of soil classification. *Geoderma* 4: 195-208.
- Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. Pudoc, Wageningen.
- Beck, K. J. & J. Bennema, 1972. Land evaluation for agricultural land use planning. An ecological methodology. Landbouwhogeschool, Wageningen, Afdeling Bodemkunde en Geologie, 60 p.
- Berkel, N. van, 1964. Teeltkundige aspecten van de toepassing van koolzuurgas. *Meded. Dir. Tuinb.* 27: 378-384.
- Bierhuizen, J. F. & N. M. de Vos, 1959. The effect of soil moisture on the growth and yield of vegetable crops. *Rep. Conf. Suppl. Irrig. Copenhagen* 1958: 83-92.
- Bierhuizen, J. F. & C. Ploegman, 1967. Zouttolerantie van tomaten. *Meded. Dir. Tuinb.* 30: 302-310.
- Bloemen, G. W., 1951. Twee aspecten van de grondwaterdiepte. *Landbouwvoorlichting* 8: 387-390.
- Boekel, P., 1963. Soil structure and plant growth. *Neth. J. Agric. Sci.* 11: 120-127.
- Boekel, P., 1966. De luchthuishouding van de grond in verband met de zuurstofvoorziening van de gewassen. *Bodem, herfst/winter* 1966: 2-9.
- Boon, J. van der, 1967. Analyse van de bodemvruchtbaarheid volgens de proefplekkenmethode bij een meerjarig tuinbouwgewas de aardbei op zandgrond. *Versl. landbouwkundig Onderz.* 691.
- Boon, J. van der, P. Boekel & H. van Dijk, 1965. Invloed van doorgevroren zwartveen op de chemische en fysische eigenschappen van de grond. *Meded. Dir. Tuinb.* 28: 558-567.
- Boon, J. van der & J. Butijn, 1961. Invloed van bodemfactoren op Jonathan M XVI, onderzocht volgens de proefplekkenmethode. *Meded. Dir. Tuinb.* 24: 44-53.
- Brix, H., 1961. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and loblolly pine seedlings. *Physiologia Pl.* 15: 10-20.
- Broek, J. M. M. van den, 1966. De bodem van Limburg. Toelichting bij blad 9 van de Bodemkaart van Nederland schaal 1:200000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Brouwer, R., 1963. The influence of the suction tension of the nutrient solutions on growth, transpira-

- tion and diffusion pressure deficit of bean leaves (*Phaseolus vulgaris*). Acta bot. neerl. 12: 248-261.
- Brouwer, R. & P. J. Claes, 1961. The influence of the pH of sandy soil and clay soil on leaf growth of young barley seedlings. Jaarboek I.B.S.: 25-27.
- Burck, P. du, 1957. Een bodemkartering van het tuinbouwdistrict Geestmerambacht. De bodemkartering van Nederland deel XVII / Versl. landbouwk. Onderz. 63.3.
- Buringh, P., G. G. L. Steur & A. P. A. Vink, 1962. Some techniques and methods of soil survey in The Netherlands. Neth. J. agric. Sci. 10: 157-172.
- Butler, B. E., 1964. Assessing the soil factor in agricultural production. J. Austr. Inst. agric. Sci. 30: 232-240.
- Butijn, J., 1955. Bewortelingsproblemen in de fruitteelt. In: De plantenwortel in de landbouw. 's-Gravenhage: 156-167.
- Butijn, J., 1958. De betekenis van bewortelingsopnamen in de fruitteelt. Meded. Dir. Tuinb. 21: 622-631.
- Butijn, J., 1961. Bodembehandeling in de fruitteelt. Versl. landbouwk. Onderz. 66.7.
- Bijl, D. de, 1965. Fruitteelt of rivierklei. In: Resultaten van komgrondproefboerderij de Vlierd Wageningen. Publties Proefst. Akker- en Weideb. 27: 82-91.
- Calvert, A., 1956. The influence of soil and air temperatures on cropping of glass house tomatoes. J. hort. Sci. 31: 69-75.
- Christian, C. S. & G. A. Stewart, 1968. Methodology of intergrated surveys. In: Aerial surveys and integrated studies. Proc. Toulouse Conf. 1964, Unesco: 233-280.
- Cnossen, J. P., P. van der Sluijs & L. A. H. de Smet, 1966. Een vergelijking tussen het noordelijke en het zuidwestelijke zeekleigebied. Boor Spade (15): 96-109.
- Cowan, I. R., 1965. Transport of water in the soil-plant-atmosphere-system. J. appl. Ecology 2: 221-239.
- Dam, J. G. C. van, 1962. Aspects of soil suitability research in horticulture. Proc. XVIth intern. hort. Congr., Vol. II: 286-290.
- Dam, J. G. C. van, 1966. Verslag van het proefplekkenonderzoek bij het ras Jonathan uitgevoerd van 1959 t/m 1963. Stichting voor Bodemkartering, Rapport 702.
- Dam, J. G. C. van, 1967. Geschiktheid van de grond voor tuinbouw. Landbouwk. Tijdschr., 's-Grav. 79: 299-305.
- Dam, J. G. C. van, 1968. Jonathan op zware rivierklei. Meded. Dir. Tuinb. 31: 112-123.
- Dam, J. G. C. van & J. A. Hulshof, 1960. Globale bodemgeschiktheids- en tuinbouwkaart van Limburg en globale bodemgeschiktheids- en bodemgebruikskaart voor de teelt van asperges in Limburg met bijbehorend bodemkundig rapport. Directie van de Landbouw, Afd. Tuinbouw, 's-Gravenhage.
- Dam, J. G. C. van & J. A. Hulshof, 1961. Zijn de lichtste zandgronden de geschiktste asperge gronden? Meded. Dir. Tuinb. 24: 54-55.
- Dam, J. G. C. van & J. A. Hulshof, 1964. Onderzoek naar de geschiktheid van de grond in Limburg voor de teelt van asperges. Jaarverslag van de proeftuinen Venlo, Horst en Ulestraten, 1964: 85-93.
- Dam, J. G. C. van & J. A. Hulshof, 1967. De penetrometer als instrument voor het onderzoek naar de geschiktheid van de grond voor de aspergeteelt. Meded. Dir. Tuinbouw 30: 186-190.
- Dam, J. G. C. van & W. van der Knaap, 1967. Snelle methode voor de vergelijking van teeltresultaten van tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 30: 65-72.
- Dam, J. G. C. van & W. van der Knaap, 1968. Het verband tussen bodemgesteldheid en vroegheid van de oogst bij stooktomaten. Meded. Dir. Tuinb. 31: 405-414.
- Dam, J. G. C. van & W. van der Knaap, 1969. Verband tussen enige bodemkundige factoren en kg-opbrengsten bij stooktomaten. Meded. Dir. Tuinb. 32: 97-102.
- Domhof, J., 1953. Strooiselwinning voor potstallen in verband met de profielopbouw van heide- en bouwlandgronden. Boor Spade (6): 192-203.
- Edelman, C. H., 1945. De tuinbouw heeft de beste gronden nodig. Meded. Dir. Tuinb. 8: 121-125.
- Edelman, C. H., 1950. Inleiding tot de bodemkunde van Nederland, Amsterdam.

- Edelman, C. H., L. Eringa, K. J. Hoeksema, J. J. Jantzen & P. J. R. Modderman, 1950. Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk. De bodemkartering van Nederland deel VII / Versl. landbouwk. Onderz. 56.18.
- Egberts, H., 1950. De bodemgesteldheid van de Betuwe. De bodemkartering van Nederland deel VIII / Versl. landbouwk. Onderz. 56.19.
- Egberts, H. & L. J. J. van der Kloes, 1960. Zwartveen in de tuinbouw. Meded. Dir. Tuinb. 23: 94-101.
- Egberts, H. & C. D. Scheer, 1948. Beschouwingen over het tuinbouwvestigingsplan. Meded. Dir. Tuinb. 11: 177-182.
- Ellison, J. H., D. F. Scheer & J. J. Wagner, 1960. Asparagus yield as related to plant vigor earliness and sex. Proc. Am. Soc. hort. Sci. 75: 411-415.
- Ende, J. van den, 1952. De betekenis van het chemisch grondonderzoek te Naaldwijk voor de bemesting bij teelten onder glas. Meded. Dir. Tuinb. 15: 651-673.
- Ende, J. van den, 1952. De invloed van zout gietwater op de ontwikkeling van verschillende gewassen onder glas. Meded. Dir. Tuinb. 15: 884-903.
- Ende, J. van den, 1954. Groeiafwijkingen die samenhangen met de waterhuishouding in de plant. Meded. Dir. Tuinb. 17: 615-636.
- Ende, J. van den, 1955. De watervoorziening van tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 18: 866-882, 904-917.
- Ende, J. van den, 1970. Kwaliteitsnormen voor het gietwater. Bedrijfsontwikkeling (editie Tuinbouw) 1: 45-51.
- Ende, J. van den, 1971. De invloed van zout gietwater bij de tomatenteelt onder glas. Bedrijfsontwikkeling (editie Tuinbouw) 2: 43-51.
- Ente, P. J., 1963. Een bodemkartering van het tuinbouwcentrum 'De Streek'. De bodemkartering van Nederland deel XXI / Versl. landbouwk. Onderz. 68.16.
- Feddes, R. A., 1971. Water, heat and crop growth. Meded. Landb. Hogeschool Wageningen 71 (12): 1-184.
- Ferrari, Th. J., 1952. Een onderzoek over de stroomruggonden van de Bommelerwaard met als proefgewas de aardappel. Versl. landbouwk. Onderz. 58.1.
- Ferrari, Th. J., 1960. Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep. Landbouwk. Tijdschr., 's-Grav. 72: 792-801.
- Franken, A. A., 1963. Enkele aspecten van het veredelingswerk bij asperge. Meded. Proefst. Groenteteelt volle Grond 25.
- Franken, A. A. & J. P. N. L. Roorda van Eysinga, 1958. Bewortelingsdiepte van asperge. Meded. Dir. Tuinb. 21: 491-494.
- Franken, A. A. (ed.), 1968. De teelt van asperge. Meded. Proefst. Groenteteelt volle Grond, 40.
- Gaastra, P., 1959. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbondioxyde, temperature and stomatal diffusion resistance. Meded. Landb. Hogesch. Wageningen 59 (13): 1-68.
- Gardner, W. R., 1960. Dynamic aspects of water availability to plants. Soil Sci. 89: 63-73.
- Gardner, W. R., 1964. Relation of root distribution to water uptake and availability. Agron. J. 56: 41-45.
- Gerding, G. H., 1969. Recente ontwikkelingen bij de regeling en beheersing van het kasklimaat. Tuinb. meded. 32: 344-353.
- Gerritsen, J. D., 1962. Fruitteelt op komgrond. Fruitteelt 52: 359.
- Gibbons, F. R., 1961. Some misconceptions about what soil surveys can do. J. Soil Sci. 12: 96-100.
- Goedewaagen, M. A. J., 1955. De oecologie van het wortelstelsel der planten. In: De plantenwortel in de landbouw, 's-Gravenhage: 31-68.
- Gordon Steele, J., 1967. Soil survey interpretation and its use. Soil Bull. 8. FAO, Rome.
- Grable, R., 1966. Soil aeration and plant growth. Adv. Agron. 18: 57-106.
- Groenewegen, J. H., 1963. De tomaat. Tjeenk Willink, Zwolle.
- Haans, J. C. F. M. & G. J. W. Westerveld, 1970. The application of soil survey in the Netherlands. Geoderma 4: 279-309.
- Hahn, M. & H. Zell, 1964. Spargellandbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

- Havinga, A. J., 1969. A physiographic analysis of a part of the Betuwe, a dutch river clay area. Meded. Landb.Hogesch. Wageningen 69 (3): 1-47.
- Heesen, H. C. van, 1970. Presentation of the seasonal fluctuation of the watertable on soil maps. *Geoderma* 4: 257-278.
- Heesen, H. C. van & G. J. W. Westerveld, 1966. Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart. *Cultuurtech. Tijdschr.* 5: 189-208.
- Hellings, A. J., 1971. Eisen inzake de kwaliteit van sproeiwater voor vollegronds groentegewassen. *Bedrijfsontwikkeling* (editie Tuinbouw) 2: 31-37.
- Hennik, J. J. van, 1957. Fruitteeltbedrijven en tuinbouwvestigingen. Meded. Dir. Tuinb. 20: 601-608.
- Hilkenbäumer, F., 1964. Obstbau. Paul Parey, Berlin/Hamburg.
- Hoekstra, C. & C. van Wallenburg, 1967. De teelt van eigenheimers op klei- en zavelgronden van de Zuidhollandse eilanden, *Landbouwvoorlichting* 24: 106-109, 142-145, 196-200.
- Hoorn, J. W. van, 1960. Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwikkelingssysteem. Versl. landbouwk. Onderz. 66.10.
- Houben, J. M. M. Th., 1970. Bewortelingsmogelijkheden in zandprofielen. *Buffer* 16: 53-58.
- Hulshof, H. J., L. J. J. van der Kloes & A. F. C. M. Schellekens, 1960. Beworteling van appelbomen en bodemstructuur. Meded. Dir. Tuinb. 23: 33-42.
- Jacobs, J. M., 1955. Omstandigheden, die de vestigingsplaats van de tuinbouw bepalen. *Landbouwk. Tijdschr.*, 's-Grav. 67: 337-389.
- Jongebius, A., 1957. Morfologische onderzoeken over de bodemstructuur. *Bodemkundige Studies* 2 / Versl. landbouwk. Onderz. 63.12.
- Jonker, J. J., 1958. Bewortelingsonderzoek en ondergrondbewerking in de Noordoostpolder. Van Zee tot Land 25.
- Kellogg, C. E., 1961. Soil interpretation in the soil survey. Soil Conservation Service of U.S.D.A., Washington D.C.
- Kersbergen, F., 1964. De juiste plantafstand als basis van de rentabiliteit van een boomgaard. *Fruitteelt* 54: 1461-1464.
- Keuls, M. & J. J. Post, 1956. Invloed van de temperatuur op de groei van asperges. Meded. Dir. Tuinb. 19: 827-845.
- Klapwijk, D., 1971. Kasklimaat. Agron, Elsevier, Amsterdam-Brussel.
- Klingebiel, A. A., 1958. Soil survey interpretations - capability groupings. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 22: 160-163.
- Kloes, L. J. J. van der, 1965. Bodemkundige aspecten van de teelt van enige tuinbouwgewassen. Versl. landbouwk. Onderz. 665.
- Koeman, C., 1962. Boekbeoordeling van 'De Grote Wereldatlas'. *Tijdschr. Kadaster Landmeetk.* 78: 19-22.
- Lewis, W. J. van, 1952. Landclassification for agricultural development. F.A.O. Dev. Pap. Agric. 18.
- Liers, W. J. van, 1948. De bodemgesteldheid van het Westland. De bodemkartering van Nederland deel II / Versl. landbouwk. Onderz. 54.6.
- Linden, L. van der, Ch. Laurent & Fr. van Assche, 1954. Verslag over het onderzoek betreffende de aspergeteelt in de provincie Antwerpen. Bedrijfsvoorlichtingsdienst voor de tuinbouw in de provincie Antwerpen.
- Lindgren, B. W. & G. W. McElrath, 1969. Introduction to probability and statistics. The Macmillan Company, Collier-Macmillan Limited, London.
- Lint, P. J. A. de, 1955. Daar is de aarde te vet. *Fruitteelt* 45: 1072-1073.
- Lynden, K. R. van, 1966. Indeling van gronden naar hun geschiktheid. *Ned. BosbTijdschr.* 38: 280-291.
- Mackney, D., 1969. The agronomic significance of soil mapping units. In: J. C. Sheals (ed.), 1969. *The Soil ecosystem*. Syst. Ass. Publ. 8: 55-62.
- Meer, K. van der, 1952. De bloembollenstreek. De bodemkartering van Nederland deel XI / Versl. landbouwk. Onderz. 58.2.

- Meijaard, D., 1965. Verschillen in bedrijfsuitkomsten in de glastuinbouw. Meded. Dir. Tuinb. 28: 188-193.
- Meijaard, D. & W. van der Knaap, 1966. Zijn de zandgronden langs de kust toch geschikt voor vroege tomaten. Groenten Fruit 22: 767-769.
- Meijaard, D. & W. van der Knaap, 1967. Heeft de grond invloed op teeltresultaten van vroege tomaten? Groenten Fruit 23: 784-785, 828-829, 868-869, 912-914.
- Minderhoud, G., 1948. Inleiding tot de landhuishoudkunde. Haarlem.
- Modderman, P. J. R., 1959. De Bandceramische cultuur in Nederland in het licht van de opgravingen te Sittard. Antiq. Survival 5-6: 54-74.
- Mulder, D., 1949. Voedingsziekten van vruchtbomen. Meded. Dir. Tuinb. 12: 594-606.
- Nerum, K. & A. Palasthy, 1966. Studie van de bodemgeschiktheid voor de aspergeteelt. Agricultura, Louvain 14: 251-288.
- Nerum, K. & A. Palasthy, 1970. Onderzoek naar de bodemgeschiktheid in de tuinbouw. Proefschrift Leuven.
- Northcote, K. H., 1964. Some thoughts concerning agronomy and soil classifications. J. Aust. Inst. agric. Sci. 30: 241-246.
- Oosting, W. A. J., 1939. Een verband tussen agrogeologische factoren in het optreden van ziekten in boomgaarden. Fruitteelt 29: 169-173.
- Ouwkerk, C. van & U. D. Perdok, 1971. Voorgetrokken tulpenruggen met afdekmiddelen op kavel B20 van de Oostwaardhoeve, herfst 1970. I. B. Haren. rapport C. 7976.
- Pape, J. C., 1970. Plaggensoils in the Netherlands. Geoderma 4: 229-255.
- Perdok, U. D., J. A. Hulshof & Ch. Th. Schlangen, 1969. Grondige verandering van de bodem met een mengrotor. Tijdschr. K. ned. Heidemij. 80: 231-237.
- Ploegman, C., 1964. Betekenis van watervoorziening, licht en bodemwarmte bij de teelt van tomaten. Meded. Dir. Tuinb. 27: 573-580.
- Poelman, J. N. B., 1965. De rivierkleigronden. In: De bodem van Nederland. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, blz. 113-143.
- Pons, L. J., 1966. Aarde, grond en bodem. Inaugurale rede Wageningen.
- Post, C. J. van der & M. Q. van der Meijs, 1968. Relatie tussen wortelgroei en gewasontwikkeling bij enige groentegewassen onder glas. Meded. Dir. Tuinb. 31: 447-452.
- Pijls, F. W. G. & J. A. Hulshof, 1957. De geschiktheidsclassificatie van de grond ten behoeve van de tuinbouw. Meded. Dir. Tuinb. 20: 386-387.
- Reijmerink, A., 1964. Een verbeterde methode voor bewortelingsonderzoek. Meded. Dir. Tuinb. 27: 42-49.
- Reijmerink, A., 1973. Micro-structure, soil strength and rootdevelopment of *Asparagus* sp. on loamy sandy soils in the Netherlands. Neth. J. agric. Sci. 21: 24-43.
- Riquier, J., D. Luis Bramao & J. P. Cornet, 1970. A new system of soil appraisal in terms of actual and potential productivity (1st. approx.). Soil Resources, Development and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- Rogers, W. S. & G. A. Booth, 1960. The roots of fruittrees. Scient. Hort. 14: 27-34.
- Rupprecht, A., W. Th. Stöhr & A. Beckel, 1962. Obstbau-Standortkartierung in Rheinland-Pfalz. Min. Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Mainz.
- Rijtema, P. E., 1965. An analysis of actual evapotranspiration. Agric. Res. Rep. (Versl. landbouwk. Onderz.) 659.
- Sangers, W. J., 1969. De centrumfunctie in de tuinbouw onder glas. Tuinb. meded. 32: 360-366.
- Segeren, W. A. & J. Visser, 1969. Het waterstandsproefveld van de fruitteelt in de IJsselmeerpolders. Tuinb. meded. 32: 180-196.
- Schelling, J., 1970. Soil genesis, soil classification and soil survey. Geoderma 4: 165-193.
- Schreiber, K. F., R. Silbereisen & F. Weller, 1967. Naturbedingte Entwicklungsmöglichkeiten für den Erwerbsobstbau im Rahmen einer landwirtschaftlichen Gesamtplanung in Baden-Württemberg. Die Gartenbauwissenschaft 32: 311-320.

- Scofield, R. K., 1935. The pF of the water in the soil. *Int. Congr. Soil Sci. Oxford*, Vol. 2: 37-48.
- Slatijer, R. O., 1961. Effects of several osmotic substrates on the water relationships of tomato. *Aust. J. biol. Sci.* 14: 519-540.
- Slatijer, R. O., 1967. *Plant-water relationships*. Academic Press. London/New York.
- Spoor, P. A., 1953. Fruitaanplant en beplantingsdichtheid. *Fruittelt* 43: 769.
- Spoor, P. A., 1966. Toelichting kg-opbrengst en boomomvang van appel- en pererassen. *Bedrijfs-economisch Vademecum voor de Tuinbouw*, rubriek 85.02. Landbouw-Economisch Instituut, 's-Gravenhage.
- Sprenger, A. M., 1948. *Leerboek der Fruittelt*. Tjeenk Willink, Zwolle.
- Smet, L. A. H. de, 1962. Het Dollardgebied. De bodemkartering van Nederland deel XX / Versl. landbouwk. Onderz. 67.16.
- Smet, L. A. H. de, 1963. Het verband tussen bodemprofiel en bodemgeschiktheid. *Landbouwvoorlichting* 20: 569-586.
- Smith, G. D. & A. R. Aandahl, 1957. Soil classification and surveys. *Yb. Agric. U. S. Dep. Agric.*
- Storie, R. E., 1933. An index for rating the agricultural value of soils. *Bull. Calif. agric. Exp. Stn.* 556.
- Strijbosch, Th., 1960a. Bodemgeschiktheidsclassificatie voor de teelten onder glas. *Meded. Dir. Tuinb.* 23: 215-217.
- Strijbosch, Th., 1960b. Landclassificatie ten behoeve van de groenteteelt onder verwarmd glas. *Meded. Dir. Tuinb.* 23: 286-294.
- Strijbosch, Th., 1960c. Bodemgeschiktheidsclassificatie ten behoeve van de groenteteelt onder verwarmd glas. *Meded. Dir. Tuinb.* 23: 506-514.
- Strijbosch, Th., 1966. Ventilatie en verwarming van tomatenkassen. *Meded. Dir. Tuinb.* 29: 364-371.
- Strijbosch, Th. & L. Bol, 1965. De regeling van verwarming en ventilatie in tomatenkassen. *Meded. Dir. Tuinb.* 28: 517-521.
- Stuyvenberg, J. H. van, 1953. Verschillen in de rentabiliteit van fruitteeltbedrijven. *Meded. Dir. Tuinb.* 16: 616-626.
- Taylor, H. M. & H. R. Gardner, 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Sci.* 96: 153-156.
- Taylor, H. M. & E. Burnett, 1964. Influence of soil strength on the rootgrowth habits of plants. *Soil Sci.* 98: 174-180.
- Tromp, J., 1967. Snoeien en buigen bij appel. *Meded. Dir. Tuinb.* 30: 448-455.
- Verhaagh, A. P., 1972. Regionale verschillen in opbrengsten van verwarmde tomaten. Landbouw-Economisch Instituut, Afdeling Tuinbouw, rapport 4.53.
- Verkerk, K., 1955. Temperature, light and the tomato. *Meded. Landb. Hogesch. Wageningen* 55: 175-224.
- Verkerk, K., 1962. Aanvullende belichting van jonge tomaten in 1959/1960 en 1960/1961. *Meded. Dir. Tuinb.* 25: 106-113.
- Versloijen, G. M. J., 1954. Handleiding voor de aspergeteelt. Provinciale Organisatie van Veilingen in Limburg.
- Vink, A. P. A., 1955. Landclassificatie. *Landbouwk. Tijdschr.*, 's-Grav. 67: 377-389.
- Vink, A. P. A., 1958. Enkele beschouwingen over de landbouwgeschiktheidsclassificatie op basis van de Nebokaart. *Boor Spade* 9: 114-135.
- Vink, A. P. A., 1963. Enkele onderzoeken over de bodemgeschiktheidsclassificatie voor akker- en weldebouw. *Bodemkundige Studies* 6 / Versl. landbouwk. Onderz. 68.13.
- Vink, A. P. A., 1967. Integrated surveys. *Geogr. Tijdschr.* 1: 253-259.
- Visser, W. C., 1947. Bodemeigenschappen en de groei van pruimen. *Meded. Dir. Tuinb.* 10: 31-41.
- Visser, W. C., 1948. De eisen van aardbeien ten aanzien van de diepte van het grondwater. *Meded. Dir. Tuinb.* 11: 351-355.
- Visser, W. C., 1949. De samenstelling van productiviteitsschattingen op grond van vruchtbaarheidskenmerken. *Landbouwk. Tijdschr.* 61: 321-335.

- Vijverberg, A. J. & Th. Strijbosch, 1968. Ontwikkelingen in de klimaatregeling bij tomaat en sla. Meded. Dir. Tuinb. 31: 472-475.
- Weaver, J. E. & W. E. Brunner, 1927. Root development of vegetable crops. New York. Mc.Graw Hill Book Company.
- Went, F. W., 1944. Plant growth under controlled conditions. Thermoperiodicity in growth and fruiting of the tomato. Am. J. Bot. 31: 135-150.
- Wind, G. P. & C. J. Schothorst, 1965. Over de invloed van de bodemgesteldheid op de beweidingmogelijkheid en van de beweiding op de bodemgesteldheid. Landbouwk. Tijdschr., s'-Grav. 77: 189-199.
- Yang, C. C., 1969. Soils hardness in relation to root growth of sugarcane. Soils Fertil. Taiwan 16: 18-29.
- Zakosek, H., W. Kreuz, W. Bauer, H. Becker & E. Schröder, 1967. Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.
- Zyuz', N. S., 1968. Bulk density and hardness of the Hillocky sands of the Middle Don. Doklady Soil Sci. 13: 1769-1776.